



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS



GOBIERNO DE
CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA



CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



ANTECEDENTES SOBRE MANEJO AGRONÓMICO PARA VARIEDADES HÍBRIDAS DE ARÁNDANOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

ISSN 0717-4829

La Serena, 2010

BOLETIN INIA 218



GOBIERNO DE
CHILE
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGROPECUARIAS



GOBIERNO DE
CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA



CHILE
POTENCIA ALIMENTARIA Y FORESTAL

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS



ANTECEDENTES SOBRE MANEJO AGRONÓMICO PARA VARIEDADES HÍBRIDAS DE ARÁNDANOS BAJO LAS CONDICIONES DE LA REGIÓN DE COQUIMBO

ISSN 0717-4829

La Serena, 2010

BOLETIN INIA 218



BOLETÍN INIA N° 218

Autores:

INIA Institución Ejecutora

Patricia Larraín Sanhueza, Ingeniera Agrónoma, M. Sc.
Leoncio Martínez Barrera, Ingeniero Agrónomo, Ph. D.
Claudio Salas Figueroa, Ingeniero Agrónomo
Angélica Salvatierra González, Ingeniera Agrónoma, Ph. D.
Carlos Sierra Bernal, Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
Paula Torres Órdenes, Ingeniera Agrónoma

CEAZA Institución Asociada

Cristóbal Juliá de La Vega, Meteorólogo
Karina Ruiz Carrasco, Fisióloga Vegetal

Director Responsable:

Carlos Quiroz Escobar, Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Ph. D.
Centro Regional de Investigación Intihuasi

Editores:

Angélica Salvatierra G. Ingeniera Agrónoma M.Sc., Ph.D
Carlos Sierra B. Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Comité Editor Regional:

Antonio Ibacache González, Ingeniero Agrónomo, M. Sc.
Raúl Meneses Rojas, Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Ph. D.

Boletín INIA N° 218

Registro de Propiedad Intelectual

Inscripción # 956-7016

ISBN: 978-956-7016-42-6

Instituto de Investigaciones Agropecuarias,

Fundación para la Innovación Agraria

La presente publicación reúne y sistematiza los resultados obtenidos en el proyecto:

Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez

PI-C-2005-1-A-78, realizado entre el año 2005-2009 con el apoyo financiero de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA).

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Cita bibliográfica: **Salvatierra G. A., C. Sierra B., P. Larraín S., L. Martínez B., P. Torres Ó., K. Ruiz C., C. Juliá de La V, C. Salas F.** 2010. Antecedentes sobre manejo agronómico para variedades híbridas de arándanos bajo las condiciones de la Región de Coquimbo. Boletín N° 218. 153 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigaciones Intihuasi. La Serena, Chile.

Diseño y Diagramación: Ponce de León y Escobar Ltda.

Impresión: Ponce de León y Escobar Ltda.

Cantidad de ejemplares: 300

La Serena, Chile, Noviembre de 2010



Tabla de contenido

PREFACIO	5
AGRADECIMIENTOS.....	7
1 Comportamiento de variedades bajo condiciones de Vicuña en el Valle de Elqui	9
1.1 Introducción	9
1.2 Especie y Variedades aptas para la Zona Norte	9
1.3 Variedades en uso y/o de reciente introducción a Chile	10
1.4 Comportamiento de las variedades O'Neal y Misty en Vicuña	12
1.5 Referencias consultadas	17
2 Caracterización de sustratos presentes en la Región de Coquimbo	19
2.1 Introducción	19
2.2 Características de sustratos para el cultivo de arándanos	19
2.3 Descripción de sustratos utilizados o posibles de usar	20
2.3.1 Caracterización física química de sustratos locales	22
2.3.2 Mezclas de sustratos locales y provenientes de otra región.....	24
2.4 Comentarios.....	26
2.5 Referencias consultadas	27
3 Fertilización de arándanos bajo las condiciones del norte chico	29
3.1 Introducción	29
3.2 El arándano y la reacción del suelo (pH)	30
3.2.1 Regulación del pH del suelo mediante azufre elemental.....	32
3.2.2 Efecto de la acidificación excesiva del suelo	32
3.3 Salinidad	33
3.4 Antecedentes generales sobre la fertilización del arándano	33
3.5 Tecnología de uso de fertilizantes	34
3.5.1 Nutrientes a aplicar a los arándanos bajo las condiciones de suelo y sustrato locales.....	34
3.5.2 Dosis de nitrógeno para arándanos, bajo las condiciones del norte chico	42
3.5.3 Respuesta al nitrógeno bajo las condiciones de sustrato aserrín suelo	53
3.5.4 Fuentes de fertilizantes a usar en arándanos creciendo en suelo-sustratos del norte chico.....	55
3.5.5 Épocas de fertilización de los arándanos.....	61
3.5.6 Forma de aplicar la fertilización a los arándanos	62
3.5.7 Diagnóstico de la fertilidad del suelo y del estado nutricional del huerto	63
3.6 Conclusiones	68
3.7 Referencias consultadas	69
4 Toxicidad de manganeso en plantas de arándanos en la zona norte	71
4.1 Introducción	71
4.2 Experiencias en la zona norte	72
4.2.1 Efecto de alta concentraciones de Mn al establecimiento de O'Neal.....	72



4.2.2	Relación de radiación sobre el efecto de manganeso en O'Neal	74
4.2.3	Formas de Mitigación de Manganeso	78
4.3	Conclusiones	79
4.4	Referencias consultadas	80
5	Manejo del riego en arándanos en la región de Coquimbo	83
5.1	Introducción	83
5.2	Uso de Sustratos	83
5.3	Manejo del riego	84
5.4	Ensayo de riego	84
5.5	Consideraciones especiales	86
6	Cultivo de arándanos en macetas	87
6.1	Introducción	87
6.2	Antecedentes de sistemas de confinamiento	87
6.3	Características de sustrato necesarias para un cultivo en maceta	88
6.4	Volumen de sustrato	90
6.5	Densidad de plantas	93
6.6	Otros aspectos a considerar	94
6.7	Conclusiones	96
6.8	Referencias consultadas	97
7	Identificación y manejo de las plagas del arándano en la Región de Coquimbo	99
7.1	Introducción	99
7.2	Plagas identificadas y su manejo	100
7.2.1	Plagas chupadoras de savia	100
7.2.2	Plagas masticadoras	109
7.2.3	Otras plagas	115
7.3	Aspectos relevantes del Manejo Integrado Plagas (MIP)	117
7.4	Conclusiones	117
8	Evaluación económica del cultivo del arándano cv. Misty en la localidad de Vicuña, Región de Coquimbo	121
8.1	Introducción	121
8.2	Escenario Internacional y nacional del mercado de arándanos	122
8.2.1	Ámbito Internacional y la competencia para Chile	122
8.2.2	Ámbito Nacional	125
8.3	Evaluación Económica	127
8.3.1	Antecedentes generales y supuestos	127
8.3.2	Resultados	131
8.4	Conclusiones	131
8.5	Referencias consultadas	133
9	Antecedentes climáticos de zona de estudio	135
9.1	Introducción	135
9.2	Estado de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS)	136
9.3	Temperatura	138
9.4	Horas Frío y Grados Día (HF & GD)	141
9.5	Heladas	148
9.6	Precipitación	150
9.7	Radiación Solar Global	151
9.8	Referencias consultadas	153





Prefacio

Los antecedentes de manejo agronómico que se entregan en este Boletín corresponden a los resultados generados en su mayor parte en el proyecto **“Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez”** que fue financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, durante los años 2005-2009.

Este proyecto tuvo como objetivo contribuir a resolver las inquietudes de los agricultores en relación a prácticas de manejo en un cultivo innovador en la región de Coquimbo. Estas inquietudes se relacionaban principalmente con el sustrato a seleccionar junto con el manejo de agua y fertilización, bajo condiciones de aridez. Además, por ser un cultivo nuevo en la región, se vio la necesidad de prospectar las plagas asociadas a este cultivo.

Para esto se conformó un equipo de trabajo formado por investigadores de INIA y de CEAZA los cuales desarrollaron un trabajo interdisciplinario, abordando los siguientes objetivos:

- Evaluar sustratos locales y otros originados en la zona sur de Chile en relación a los requerimientos de los arándanos.
- Determinar tipo y volumen de sustratos apropiados para el cultivo en macetas.
- Optimizar la fertilización en función de los sustratos utilizados en condiciones de campo.
- Evaluar el manejo del agua de riego considerando los sustratos utilizados, el sistema plantación y las condiciones climáticas.
- Determinar las plagas presentes.
- Evaluar económicamente las alternativas de manejo definidas.

Por lo tanto, las actividades se centraron en dos variedades híbridas de arándano, Misty y O’Neal, considerando las características de suelo, clima y calidad de agua de la zona norte. Para esto se establecieron diversos ensayos en el Centro Experimental Vicuña de INIA, los cuales respondieron a las siguientes interrogantes:

1. ¿Qué sustrato y qué volumen usar en el cultivo en macetas?
2. ¿Cómo fertilizar los arándanos en sustrato de aserrín-suelo?
3. ¿Cómo manejar el agua de riego en estos sustratos?
4. ¿Qué plagas están presentes en el cultivo en la región de Coquimbo?
6. ¿Qué manejo agronómico es económicamente viable?



Los ensayos se evaluaron durante tres temporadas, en las cuales se tuvieron dos producciones.

El presente boletín informa los principales resultados obtenidos en torno a prácticas de manejo, fertilización y riego usando como sustrato una mezcla de aserrín con suelo de la zona para las variedades O'Neal y Misty, creciendo bajo las condiciones climáticas de Vicuña, región de Coquimbo. Asimismo, de acuerdo a los resultados y experiencias en tres temporadas de evaluación, se dan recomendaciones generales sobre el cultivo en macetas en vías de contribuir a una mayor sustentabilidad de este tipo de cultivo. Por otra parte, se dan a conocer las principales plagas asociadas al cultivo y se entregan pautas de control. Por último, se realiza una evaluación económica del cultivo bajo las condiciones anteriormente descritas.



Agradecimientos

Se agradece a la Fundación para la Innovación Agraria FIA que ha contribuido al financiamiento de esta publicación, en el marco del proyecto **“Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez”** financiado por la Fundación para la Innovación Agraria, FIA, durante los años 2005-2009.

Al Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (CEAZA) y a los investigadores participantes del proyecto. Al Centro Experimental Vicuña de INIA y a todo su personal quienes siempre mostraron buena disposición a apoyar las diferentes actividades de proyecto.

Asimismo, se agradece al personal Técnico, Lucía Martínez G. a cargo de las actividades de campo y de los ensayos en el Centro Experimental, así como también a Fernando Graña a cargo del monitoreo de plagas en diferentes zonas.

A Cornelio Contreras S. Ing. Agr. y a Víctor Pizarro B. Ing. Agr., quienes colaboraron en el análisis estadístico de la información y en la elaboración de figuras. A Claudio Salas Figueroa Ing. Agr. investigador colaborador de entomología y autor de las fotografías de plagas.

Por último, a todos los estudiantes de las Universidades regionales quienes realizaron sus tesis de grado en las diversas temáticas del proyecto.





1 COMPORTAMIENTO DE VARIEDADES BAJO CONDICIONES DE VICUÑA EN EL VALLE DE ELQUI

Angélica Salvatierra G.
asalvatierra@inia.cl

1.1 Introducción

La superficie de arándano cultivada en la región de Coquimbo, no sobrepasa el 2% de la superficie nacional plantada al año 2009, estimándose en alrededor de 460 ha (INIA). Las plantaciones se ubican en los Valles de Elqui, Limarí y Choapa, donde se encuentran algunos proyectos de mediana envergadura.

La incorporación de zonas áridas a la producción de arándanos, se ha visto potenciada y fortalecida por la disponibilidad comercial de variedades de bajo requerimiento de frío y por la rentabilidad del cultivo, toda vez que en la zona norte se apunta hacia una producción temprana, alcanzando mejores precios en el mercado externo.

Las principales variedades plantadas son O'Neal y Misty, aunque en el último tiempo se han incorporado otras variedades de mayor potencialidad productiva.

La generación de variedades es una actividad muy dinámica, es así que variedades nuevas continuamente se están lanzando al mercado. En general, ellas se caracterizan por tener mayor potencial de producción, precocidad y mejor calidad de frutos. A modo de ejemplo, sólo en los dos últimos años, se han patentado 24 variedades de arándanos (<http://appf1.uspto.gov>). A nivel nacional, las variedades protegidas por el SAG, al 30 de Septiembre de 2010, son 23, de las cuales 12 provienen de la U. de Florida donde se desarrollan variedades de bajo requerimiento de frío. A nivel de viveros nacionales, las nuevas variedades ofertadas adecuadas para la zona norte se reducen en número. Encontrándose varias de ellas sin una evaluación sistemática en la región de Coquimbo, ó bien, la información es restringida, por lo cual no hay antecedentes de uso público sobre su adaptación.

En este capítulo se entrega también la descripción de los mejoradores de estas nuevas variedades, algunas de las cuales ya están siendo plantadas en la región y son comúnmente ofertadas por los viveristas. Por otra parte, se entrega información sobre el comportamiento de O'Neal y Misty, a partir de observaciones realizadas durante la ejecución del proyecto, bajo las condiciones de Vicuña.

1.2 Especie y Variedades aptas para la Zona Norte

El mejoramiento genético de arándanos, realizado principalmente en EE.UU., ha incorporado en el mercado viverista mundial, variedades que surgen del cruzamiento de especies domesticadas como *V. ashei* y *V. corymbosum* con especies nativas



como *Vaccinium darrowi*; *Vaccinium angustifolium*, *V. tenellum* y recientemente también *V. ellioti* originándose híbridos inter específicos de *V. corymbosum* (Lang, 1993).

Estas variedades son llamadas “Southern Highbush” (SHB), y se caracterizan por tener bajo requerimiento de frío, además de alta resistencia al calor y alta calidad de frutos, lo que ha hecho posible extender el cultivo de arándanos hacia la parte Sur de Florida Central, en EE.UU. y abrió posibilidades hacia las zonas más cálidas, incluyendo el norte de Chile.

Por ahora programas de mejoramiento están apuntando también a generar variedades que no sólo tengan menor requerimiento de frío sino también tengan una mejor adaptación a suelos de pH más alcalinos al incluir dentro del material genético a especies como *V. arboreum* (Darnell y Hiss, 2006). Esto podría ser una herramienta tecnológica importante que aumentaría las posibilidades de la zona norte a este cultivo, aumentando las alternativas para los agricultores.

En general estas variedades requieren entre 200 y 600 horas frío (HF) maduran más temprano, la fruta es de mejor calidad y los arbustos son más pequeños que las plantas de “ojo de conejo” (*V. ashei*). Otras características que son interesantes de tener en cuenta es que estas variedades no rompen dormancia en inviernos suaves, por lo que es posible cultivar en zonas subtropicales como producción continúa en el año. Tienen una mayor resistencia a estrés por sequías. Poseen un vigor moderado por lo que acepta densidades mayores que las variedades de “ojo de conejo”.

El material parental de origen de las variedades determina un comportamiento diferente, por tanto si bien dos variedades pueden pertenecer al mismo grupo de las llamadas “sureñas”, pueden también presentar características diferentes esto es observado en las condiciones de la región, entre las variedades O’Neal y Misty.

1.3 Variedades en uso y/o de reciente introducción a Chile

A nivel nacional y en forma comercial, las variedades más comunes en la zona norte pertenecientes a los highbush southern, son:

Misty: Requiere de 100-300 horas frío. Producción temprana, en condiciones climáticas benignas puede tener una segunda cosecha menor en cantidad durante el otoño. Produce frutos de tamaño grande y de color azul claro, firme y excelente sabor, de alta calidad. En la literatura se señala que cuaja bien si es plantada con Sharpblue u otro polinizante adecuado, sin embargo en las condiciones observadas a nivel local, esta variedad no se ve afectada por ausencia de polinizantes siendo altamente productiva (Salvatierra *et al.*, 2006). La planta tiene un hábito de crecimiento arbustivo y requiere un manejo de poda para evitar sobreproducción.

O’Neal: es una variedad que requiere de 200 a 300 horas de frío que se ha



adaptado bien a las condiciones de los valles interiores de la zona centro norte de Chile (Salvatierra *et al.*, 2006). Aún cuando es una variedad auto fértil, produce bayas de mayor tamaño cuando se planta junto a otra variedad. La fruta es grande, azul claro y excelente calidad. La planta es vigorosa y de crecimiento erecto, alcanzando hasta 1,8 m. Esta variedad se encuentra en retirada en la zona principalmente porque en comparación con las nuevas variedades el rendimiento es bajo. Además presenta algunas respuestas erráticas especialmente en aquellos climas donde las temperaturas máximas invernales son altas.

Por otro lado, algunas de las nuevas variedades que se están incorporando a la región son las que se indican más abajo. La inclusión de éstas no necesariamente garantiza una buena adaptación a las distintas localidades de la zona y la descripción corresponde a las características definidas por el obtentor.

Star: Originada en la U. de Florida, patentada en 1995 (US Patent Plant 10675). Se genera a partir del cruzamiento de O'Neal y la selección Fla 80-31. Requiere de aprox. 400 HF ligeramente menos vigorosa que 'Sharpblue' pero su supervivencia en los campos es casi igual a la de este cultivar. En condiciones de sustrato adecuado puede alcanzar 2 m de altura y 1,2 m de diámetro de canopia. Los frutos son excelentes de buen tamaño y firmeza. Presenta una maduración más concentrada. Las limitaciones se relacionan con un potencial de rendimiento medio y de no adaptarse a inviernos con temperaturas medias superiores a 14° C. (Lyrene and Sherman, 2000).

Jewell: Originada en EE.UU., por Lyrene en 1998. Es de bajo requerimiento de frío 250 HF bajo 7 °C. Su origen es a partir de selecciones de cultivares de arándanos alto de Michigan y New Jersey y *V. darrowi*. El resultado de esto fue una variedad con fruto grande, maduración temprana y vigorosa. En condiciones adecuadas una planta de 4 años alcanza una altura de 1 m y un diámetro de copa de 105 cm. La producción potencial es alta. (US Patent Plant 11,807P2, 2001).

Emerald: Variedad de bajo requerimiento de frío, se adapta bien a zonas con un rango de 100-400 HF. Se origina a partir de cruzamientos de selecciones de Misty y *V. darrowi*. La variedad se caracteriza por presentar un crecimiento vigoroso, de hábito erecto a semierecto. Alto rendimiento y frutos grandes. La floración es abundante al igual que el crecimiento vegetativo que se produce temprano y en forma prolífica. Florece temprano, y requiere de polinización cruzada para una buena cuaja y buen tamaño de frutos. Jewell es una de las variedades polinizantes. (<http://edis.ifas.ufl.edu/hs215>) (USPP 12,165 Noviembre de 2001).

Primadonna: Variedad de bajo requerimiento de frío, de crecimiento vigoroso, erecta a semi-erecta. Produce frutos grandes y firmes. Dentro de su origen se encuentra O'Neal. El quiebre de dormancia de la yema floral ocurre después de una acumulación de 300 HF, y la floración es mejor si la planta recibe al menos 400 HF. Flores y frutos sufren daño con -3° C.



Figura 1.1. Cultivar O'Neal (a la izquierda) y cultivar Misty (a la derecha).

1.4 Comportamiento de las variedades O'Neal y Misty en Vicuña

El comportamiento de una variedad está fuertemente influido por las condiciones edafoclimáticas de la zona donde se plante y por el manejo agronómico que se realice. Por lo tanto, para una adecuada selección de una variedad es importante no sólo contar con la descripción de ella sino también con antecedentes locales de suelo y clima que permitan discriminar mejor en la selección de la variedad.

En la Figura 1.2, se presentan los periodos de crecimiento aéreo y radicular de arándanos var. Misty bajo las condiciones de Vicuña. Los brotes vegetativos tienen al menos dos flujos de crecimiento. La yema vegetativa ubicada en madera de temporada anterior comienza su brotación en agosto y crece hasta octubre (brotes de primavera), allí se produce una detención de crecimiento y se inicia un segundo flujo de crecimiento donde las brotes se ramifican (Figura 1.3), junto con iniciar un crecimiento de brotes basales vigorosos provenientes desde la base de la corona. También en ese momento, las raíces tienen un crecimiento activo, que coincide con los meses de cosecha y, uno de menor magnitud hacia fines de verano. Según Abbot y Cough (1987), el crecimiento de raíces ocurre dos veces por temporada a inicio de primavera y a fines de verano. Un factor que es importante considerar en este evento es la temperatura de los sustratos. Spiers (1995) estableció que la temperatura ideal es de 16°C, donde el crecimiento de raíces es mayor. Pero, la temperatura de sustrato no sólo afecta el crecimiento de raíces sino también influye sobre el crecimiento de brotes. Las raíces pueden crecer desde los 6°C y se inhibe cuando las temperaturas se acercan a los 27°C. Bajo las condiciones de Vicuña, Misty presenta una superposición de estados fenológicos incluyendo el crecimiento final de frutos y cosecha. De acuerdo a este comportamiento, sería aconsejable la poda de verano realizado posterior a la cosecha, dado que hacia fines de noviembre a enero la velocidad de crecimiento de los brotes es mayor. Por tanto, se sugiere hacer una poda de verano con el fin de eliminar aquellas partes de brotes donde hubo carga frutal y aquellas ramillas débiles de primavera, y de esta manera favorecer el nuevo crecimiento.

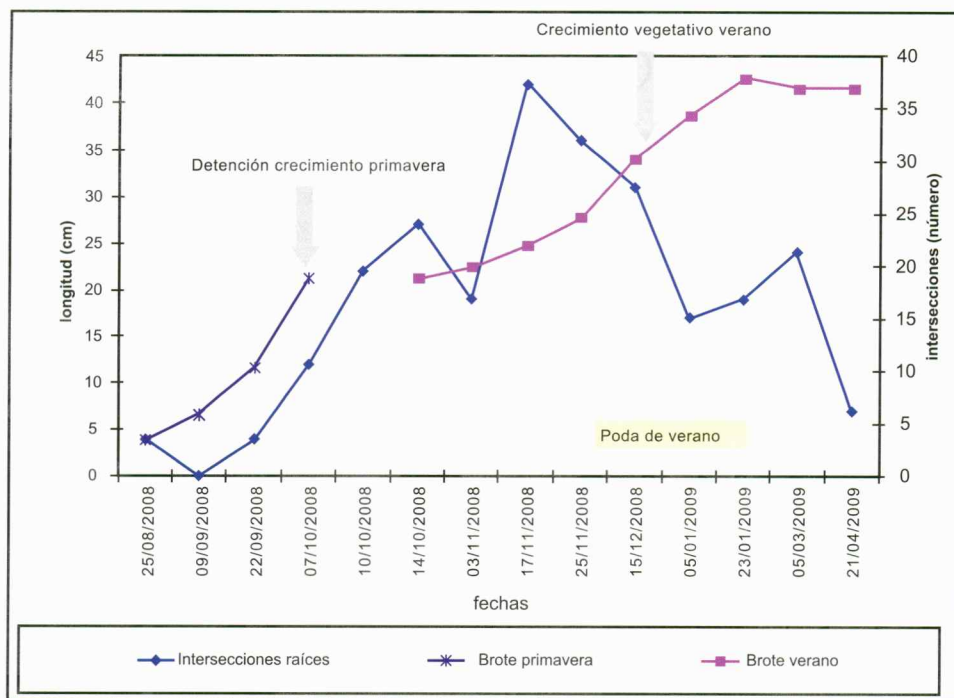


Figura 1.2. Crecimiento de brotes y raíces en cv. Misty en Vicuña, Valle del Elqui.



Figura 1.3. Planta de cv. O'Neal con crecimiento activo de brotes en verano en los cuales se diferenciarán las yemas florales en otoño-invierno.



Los estados fenológicos de floración y fructificación tanto en O'Neal y Misty se presentan durante la época invernal. Dependiendo del año, la floración que da origen a la producción de octubre a diciembre ocurre a partir de junio, aunque en algunos sectores es posible observar algunas flores a destiempo. Esta floración se mantiene dependiendo del sector por 6 a 10 semanas. Los períodos de floración muy largos pueden ser indeseados por los agricultores dado que la protección sanitaria de flores y otros manejos se encarecen.

Es importante también saber qué parámetros externos están influenciando el proceso de floración. Los dos procesos que ocurren en las yemas florales son: la inducción de yemas florales que implica cambios internos no visibles y, la diferenciación de las yemas florales, que es la manifestación morfológica visible de cambios en las yemas.

La inducción de yemas florales es esencialmente una respuesta mediada por pigmentos localizados en las hojas. Se inicia en presencia de foto períodos cortos, es decir cuando los días comienzan a acortarse y por ende las horas de luz, esto es hacia fines de verano y comienzo de otoño (Spann *et al.*, 2003). Las hojas son los que captan el estímulo del largo de días por tanto es importante tener claro, que mientras las hojas se mantengan saludables, mayor es el estímulo resultando en un mayor número de yemas florales inducidas. Por otra parte, hacia la primavera-verano cuando ocurren fotoperíodos largos, la tasa de diferenciación o desarrollo de estas yemas florales aumenta (Spann *et al.*, 2004).

Lo anteriormente planteado es lo que se indica en la literatura, sin embargo, las observaciones realizadas en las plantaciones de Misty y O'Neal establecidas en Vicuña, región de Coquimbo, indicarían que el estímulo de fotoperíodos en que ocurren estos fenómenos es más amplio coincidiendo con otros patrones de iniciación floral de arándanos sureños que crecen en diferentes regiones del mundo. Los factores climáticos que influyen la iniciación de la yema floral en arándanos y de cómo ambos podrían interactuar a la fecha no están claros. Se piensa que la temperatura puede jugar un rol importante en la iniciación de la respuesta floral, modificando los requerimientos de fotoperíodo para la iniciación de yemas florales.

La variedad Misty se caracteriza por presentar diferentes estados reproductivos durante los meses más fríos (Junio-Septiembre), siendo posible cosechar, en volúmenes bajos en estos meses, lo que desde un punto de vista comercial, no tiene interés, pero indica el potencial de esta variedad en condiciones de inviernos benignos para desarrollar sistemas de producción no dormantes (Reeder *et al.*, 1998). Esta característica puede indicar que tiene la capacidad de inducir yemas en un amplio rango de fotoperíodo, lo que puede explicar el uso de esta variedad para la producción en sistemas no dormantes.

En los brotes de primavera del cv. Misty y en menor medida en cv. O'Neal, es posible observar yemas florales a partir de Marzo extendiéndose hasta Agosto e incluso Septiembre en algunas zonas, indicando que la inducción floral no sólo ocurriría en períodos de fotoperíodos cortos sino también cuando los días comienzan a alargarse, indicando que la temperatura también es una variable importante



en el proceso. Pescie y López (2007), establecieron que en los brotes de primavera del cv. O'Neal, la inducción de yemas florales ocurriría en Diciembre cuando las temperaturas son más altas y las horas luz sobrepasan las 13 horas, mientras que en los brotes de verano la inducción se produciría en Abril, con menos horas luz y menor temperatura.

De acuerdo a observaciones realizadas en el CE de Vicuña, durante el año 2009 se pudo establecer que las ramillas primaverales del primer flujo de crecimiento del cv. Misty, suelen presentar yemas florales visibles ya hacia finales de diciembre, por lo tanto la inducción debe ocurrir antes a lo planteado por Pescie y López. Estas yemas florales se mantienen en este estado hasta fines de marzo - abril, cuando claramente comienza a visualizarse la flor. Son estas yemas florales las que producen fruta hacia inicios de agosto (Figura 1.4). Por otra parte, los brotes basales y laterales, después de la cosecha, presentan, mayoritariamente, una yema floral hacia fines de otoño. La mayor parte de las yemas florales comienzan a visualizarse a partir de mayo, y la floración ocurre principalmente en junio-agosto. En la Figura 1.4 se puede observar que la producción obtenida temprano en Misty (a partir de agosto) es una floración que ocurre principalmente en brotes de primavera y que se diferencia a partir de diciembre permaneciendo en verano en este estado para florecer en otoño. Esta se traduce en una cosecha temprana que puede no tener un valor comercial de importancia. En general, para las condiciones del norte se busca que la cosecha se inicie a partir de octubre y no se prolongue más allá de noviembre, con el fin de alcanzar los precios más altos en el exterior. Para las variedades O'Neal y Misty, en zonas tempranas de la región, la cosecha se inicia a mediados de Octubre extendiéndose hasta noviembre y en general se puede tener el 50 % de la cosecha en la primera quincena de este mes, variando según las condiciones climáticas presentes.

Por otra parte, el registro de fenologías de las variedades puede ser diferente de acuerdo a las condiciones climáticas del sector. Este registro y conocimiento del comportamiento de las variedades, puede determinar modificaciones en prácticas de manejo tales como poda, fertilización y riego, por lo que se sugiere que se realicen registros continuos de estados fenológicos, incluyendo la observación de la parte radicular de manera de aplicar oportunamente protocolos agronómicos.

De aquí surge una propuesta de manejo de eliminar en la poda de verano inmediatamente después de cosecha, aquellas ramillas muy débiles de primavera en las cuales se produce esta floración a destiempo.



MISTY CE VICUÑA

EVOLUCION DE YEMAS FLORALES HASTA FRUTOS

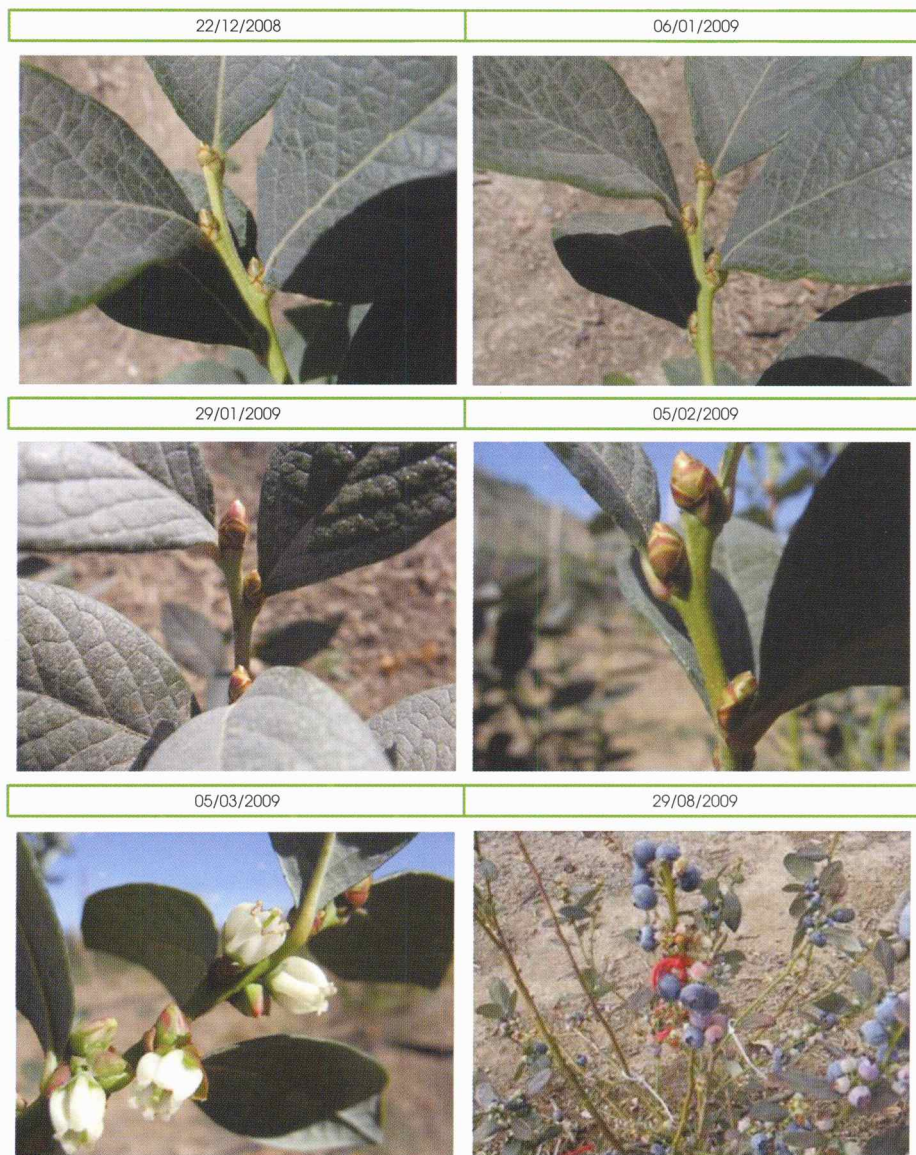


Figura 1.4. Estados fenológicos en ramillas de primavera de cv. Misty desde diciembre 2008 a Agosto de 2009



1.5 Referencias consultadas

- Abbot, J. and R.E. Gough. 1987. Seasonal development of highbush blueberry roots under sawdust mulch. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(1):60-62.
- Darnell R. y S. Hiss. 2006. Uptake and assimilation of nitrate and iron in two *Vaccinium* species as affected by external nitrate concentration. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 131(1):5-10.
- Lang, G. 1993. Southern highbush blueberries: Physiological and cultural factors important for optimal cropping of these complex hybrids. Acta Horticulturae 346:72-79.
- Lyrene, P. and W. Sherman. 2000. 'Star' southern highbush blueberry. Hortscience 35(5): 956-957.
- Pescie, M.A., López, C. 2007. Inducción floral en arándano floral en arándano alto del sur (*Vaccinium corymbosum*), var. O'Neal. RIA, 36 (2): 97-107. INTA, Argentina. ISSN 0325 – 8718.
- Reeder, R. K., T. A. Obese and R. L. Darnell. 1998. Establishment of a non dormant blueberry (*Vaccinium corymbosum* hybrid) production system in a warm winter climate. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 73(5): 655-663.
- Spann, T., J. Williamson and R. Darnell. 2004. Photoperiod and temperature effects on growth and carbohydrate storage in southern highbush blueberry site-specific hybrid. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 129 (3):294-298.
- Spann, T., J. Williamson y R. Darnell. 2003. Photoperiodic effects on vegetative and reproductive growth of *Vaccinium darrowi* and *V. corymbosum* interspecific hybrids. Hortscience 38(2):192-195.
- Spiers, J. 1995. Substrate temperatures influence root and shoot growth of southern highbush and rabbiteye blueberries. Hortscience 30(5):1029-1030.





2 CARACTERIZACIÓN DE SUSTRATOS PRESENTES EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Carlos Sierra B.
csierra@inia.cl
Angélica Salvatierra G.
asalvatierra@inia.cl

2.1 Introducción

Los suelos de la región de Coquimbo se caracterizan por presentar un bajo contenido de materia orgánica, pH cercanos a 7 o más altos, y en algunos casos texturas arcillosas con escasa macroporosidad que implican una excesiva retención de humedad o, una salinidad moderadamente alta.

Estas características edáficas, inapropiadas para los arándanos, hacen que el uso de sustratos sea una práctica fundamental para este cultivo, especialmente bajo las condiciones de la zona norte de Chile.

Uno de los principales aspectos a resolver por los agricultores cuando deciden plantar arándanos es el tipo de sustrato y consiguientemente donde obtenerlo, de manera que tenga un costo razonable. También se tiene que resolver la cantidad apropiada de sustrato. Esto está relacionado con el tipo de suelo y el sistema de cultivo que se utilizará (macetas o en camellones). En la región de Coquimbo los sustratos orgánicos son escasos. Sin embargo, hay industrias de importancia, la pisquera y olivícola, las cuales generan subproductos que pueden llegar a representar sustratos posibles de usar en el cultivo del arándano. Bajo este supuesto, se evaluaron diferentes materiales y mezclas locales cuyos resultados se discuten en este capítulo.

2.2 Características de sustratos para el cultivo de arándanos

Se define como sustrato todo aquel material sólido distinto del suelo, natural o sintético, orgánico o mineral, en forma pura o en mezcla, que otorga anclaje al sistema radicular y, por consiguiente, desempeña un rol de soporte a la planta (Abad, 1991); interviniendo o no en el proceso de nutrición de la planta (Pastor, 2001). Aquellos sustratos que actúan como soporte de la plantas son llamados químicamente inertes a diferencia de los químicamente activos, que intervienen en el proceso de adsorción y fijación de nutrientes.

Desde el punto de vista de propiedades físicas, los sustratos deben tener una granulometría y estabilidad estructural tal que permita una aireación elevada (Messerer, 1998), de manera de favorecer un buen crecimiento radicular. En general, según Rodríguez y Zazueta (2004), para obtener buenos resultados durante el crecimiento de las plantas, se requieren las siguientes características de sustratos:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).
- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.
- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Bajo costo.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección.
- Resistencia a cambios externos físicos, químicos y ambientales.

El sustrato ideal es aquel que reúne la mayor parte de las características arriba mencionadas, siendo el costo de éste, un criterio importante en la selección, que para el caso de la zona norte, puede llegar a representar un 20% o más de los costos de establecimiento.

Para la planta de arándano, se deben escoger aquellos sustratos que se caracterizan por presentar una alta macroporosidad, idealmente superior al 50 %; baja conductividad eléctrica (sin sales) y, de pH más bien ácidos. Desde el punto de vista de manejo es importante considerar las características de sustrato seleccionado, especialmente la porosidad, que implica un cuidadoso manejo de agua de riego, ó su capacidad de retención de humedad, de manera que se debe elegir el sistema de fertirrigación más adecuado. Prácticamente, ningún sustrato es inadecuado si se puede adaptar el manejo a sus características, pero es más razonable escoger el sustrato de acuerdo a los requerimientos de las plantas y a las posibilidades reales de cada explotación.

2.3 Descripción de sustratos utilizados o posibles de usar

La literatura generalmente señala como sustrato orgánico adecuado para el cultivo del arándano, la corteza de pino, la turba y el aserrín de pino.

La corteza de pino se caracteriza por presentar espacios porosos internos, los que junto con los espacios entre partículas permiten retener humedad, nutrientes y además proveen de aire. El pH de se encuentra en general en rango entre 4 y 5, ideal para los arándanos.



La turba es de origen natural producida por la descomposición lenta de vegetales en formaciones sedimentarias con exceso de humedad y deficiente oxigenación. La turba, como parte de un sustrato, aumenta la capacidad de retención de agua, la porosidad, lo que mejora la aireación y el drenaje; aumenta la densidad aparente, facilitando el desarrollo radicular; aumenta el efecto amortiguador, que permite equilibrar el pH y las sales solubles; es una fuente de liberación lenta de nitrógeno y mejora la disponibilidad de nutrientes para la planta (FAO, 2002).

El aserrín, el cual proviene de pino, es el sustrato recomendado por excelencia, la razón básicamente se origina en el pH de este tipo de aserrín, mejora las condiciones físicas del sustrato, además el tamaño de partícula permite que sea fácil su mezcla con otros componentes. El contenido muy bajo de nitrógeno del aserrín excluye cualquier dificultad con la estabilidad química y biológica posterior a la pasteurización. Más aún, el aserrín con alto contenido de lignina es una forma relativamente durable de materia orgánica. Algunas especies contienen toxinas que pueden tener efectos negativos sobre las plantas cultivadas, por lo tanto debe compostarse porque en estado fresco su tasa de descomposición y demanda de nitrógeno es alta y puede contener sustancias tóxicas.

El pH del aserrín puede variar de acuerdo a la especie de origen, entre 4,8 a 6,8 siendo ligeramente ácido, por lo que disminuye el ataque de hongos y su poca fertilidad permite manejar la nutrición de las plantas (Sandoval y Stuardo, 2001). Este material no está presente a nivel local y sólo se puede contar con material proveniente de barracas, el cual es una mezcla de maderas. En todo caso esto no es una alternativa viable dado los bajos volúmenes disponibles.

Los materiales anteriormente mencionados son poco factibles de hallar en la zona norte y por esto los costos son más altos que en las regiones del sur. Por lo tanto, con el fin de entregar alternativas de sustratos orgánicos para los agricultores de la zona norte, es que se propuso caracterizar y evaluar sustratos orgánicos provenientes de las industrias locales como la industria pisquera y de la industria olivícola en comparación con otras mezclas provenientes de la zona sur.

El sarmiento de plantaciones de vides, según Labrador (2001), constituye en la actualidad un problema para el agricultor, que suele eliminar quemándolos en el propio campo. Esto supone un despilfarro de biomasa, con pérdidas de materia orgánica importantes y una agresión medioambiental por las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Esto mismo ha provocado un cambio entre los agricultores zonales y ahora en general este sarmiento es repicado e incorporado en las mismas plantaciones.

Otro sustrato orgánico es el orujo de uvas proveniente de la industria pisquera, comprende los restos de pulpa, piel; y semillas. Por el momento este residuo es compostado y se les entrega a los asociados de la empresa pisquera, por tanto debido a su baja disponibilidad no se ve como una alternativa factible de usar.

El orujo de aceitunas, secos y extractos se generan durante la extracción del aceite de oliva; su naturaleza es lignocelulósica, con una elevada relación carbono



nitrógeno (C/N), muy resistente a la biodegradación, con escaso contenido de nutrientes y materia orgánica humificada. El orujo húmedo o alperujo, proveniente del sistema de centrifugación de dos fases, presenta un alto contenido en humedad del 55-65% (Alburquerque *et al.*, 2004). La biotransformación del alperujo como fertilizante orgánico, o bien como sustrato mezclado con otros materiales que aporten aireación, es un proceso perfectamente viable (Nogales, 2001; citado por Labrador, (2001).

Por último, el capotillo de arroz se incluye dado que en algunas plantaciones locales fue usado como parte de las mezclas. Este residuo orgánico mayoritario resulta de la elaboración del arroz y corresponde a la cascarilla. Presenta propiedades fisicoquímicas interesantes, es un material ligero, densidad aparente entre 0,09 y 0,20 g de materia seca por cc., fácilmente degradable, porosidad alta, un pH neutro, con conductividad eléctrica baja, rico en potasio y fósforo y pobre en nitrógeno. Se suele utilizar directamente como sustrato, o en mezcla Labrador, (2001).

2.3.1 Caracterización físico química de sustratos locales

A pesar de que la disponibilidad de residuos orgánicos es escasa, se considera importante entregar información recabada en este proyecto, sobre las propiedades físicas y químicas de los sustratos locales.

En el Cuadro 2.1 se presentan las principales características físicas y químicas de materias primas locales. Como se mencionó anteriormente, una de las principales características que se busca en los sustratos para el cultivo de arándanos, es la porosidad, que es el espacio entre partículas, que está influida por el tamaño de las partículas, además del pH ácido y una baja salinidad.

El escobajo y sarmiento picado en estado crudo presenta una macroporosidad interesante para el arándano. Uno de los principales problemas que presentan estos materiales es el tamaño de partículas que puede dificultar el manejo en el establecimiento acarreado una desuniformidad en las condiciones del sustrato lo que impide un buen establecimiento de las plantas. También es importante controlar bien el agua de riego, dado que los microporos, los cuales retienen humedad, son escasos a diferencia del aserrín, lo que implicaría una mayor frecuencia de riego.

Se sugiere que al usar estos materiales, éstos deben ser sometidos a un compostaje controlado, para evitar que el tamaño desuniforme de partículas y la presencia de posibles sustancias nocivas presentes, generen problemas una vez que las plantaciones están establecidas en el campo.

En cuanto a pH si bien todos los materiales presentan un valor superior a 5, excepto el aserrín, esta condición puede ser manejada a través de la acidulación del agua de riego. Según los requerimientos de pH de los arándanos se habla como rango óptimo de 4,5- 5,5.

En cuanto a la conductividad eléctrica los rangos fueron más amplios, fluctuando entre 0,6 y 10,4 dS/m para aserrín y orujo de uva pisquera respectivamente. El alto valor de conductividad eléctrica del orujo de uva se explica por el alto contenido de nitrógeno y potasio 863 ppm y 16.990 ppm respectivamente.

Cuadro 2.1. Características físicas y químicas, más relevantes de materias primas locales para el cultivo de arándanos. (1)

Materiales	Porosidad de Aireación	Densidad Aparente	Porosidad retención de humedad	pH	C.E. (*)
	(% volumen)	g/cc	(% volumen)		dS/m
Aserrín	15,2	0,23	63,8	4,0	0,6
Alperujo compostado	17,4	0,48	39,2	5,9	2,7
Alperujo sin compostar	22,7	0,56	38,4	6,1	7,1
Escobajo picado de uva pisquera	54,2	0,14	29,1	5,6	5,9
Orujo de uva pisquera	30,4	0,37	31,6	5,8	10,4
Sarmiento picado de uva pisquera	42,3	0,20	23,1	5,2	3,4
Capotillo de arroz	74,3	0,16	15,3	6,2	5,5

(1) Adaptado de Pizarro, 2006; (*) Método Suspensión 1:5

En el Cuadro 2.2 se indican los contenidos de los principales macronutrientes, en cada uno de los materiales locales. En cuanto al nitrógeno total que se encuentra en los materiales locales, todos ellos contienen valores dentro del rango de 10.000 a 20.000 mg kg⁻¹, a excepción del aserrín, el cual se encuentra muy por bajo este rango. En cuanto al contenido total de fósforo, los materiales provenientes de la industria pisquera contiene valores entre 1.000 y 3.000 mg kg⁻¹, mientras que el aserrín presenta un valor por debajo este rango (Bañados, 2005).

Finalmente, el contenido total de potasio varía entre 10.000 a 20.000 mg kg⁻¹, en los materiales de alperujo, escobajo y orujo. Mientras que el aserrín presenta valores muy bajos.

Cuadro 2.2. Contenido de nutrientes en sustratos orgánicos presentes en la región de Coquimbo y provenientes de otras regiones (mg kg⁻¹) (1).

Materiales	Nitrógeno		Fósforo		Potasio	
	Total	Disp.	Total	Disp.	Total	Disp.
Aserrín de barraca	1.100	11	300	256	496	400
Alperujo compostado	18.400	15	700	75	15.000	1.386
Alperujo sin compostado	12.480	16	1.300	1.150	12.200	1.620
Escobajo picado	11.300	39	1.300	410	16.700	16.110
Orojo de uva	24.800	863	3.300	1.950	18.900	16.990
Sarmiento picado	8.130	63	900	320	6.400	6.160
Capotillo de arroz	3.100	48	300	92	7.000	6.200

(1) Adaptado de Pizarro, (2006).

Estos podrían considerarse sustratos adecuados para formar parte de una mezcla de ellos para el cultivo de arándanos, pero también se debe considerar las características químicas de ellos y en mezcla con otros sustratos.

2.3.2 Mezclas de sustratos locales y provenientes de otra región

Una manera de suplir la escasez de materiales locales o bien disminuir los costos del sustrato es a través de la mezcla de diferentes sustratos. La porosidad total, porosidad de aireación y retención de humedad de algunas de las mezclas con materiales locales se presentan en el Cuadro 2.3. Todas las mezclas presentan una macroporosidad sobre 40 %. Mientras que la microporosidad fue variable. Las mezclas capotillo de arroz + sarmiento y capotillo de arroz + escobajo presentan menos microporos que retienen humedad y una porosidad de aireación sobre 50%. La acidez (pH) de las muestras varió entre 6 y 7 y la C.E. se mantuvo similar a las muestras originales.

Las mezclas de los materiales se hicieron sin un proceso previo de compostaje controlado. Esto implicó trabajar con mezclas que contenían un tamaño de partículas grandes y muy desuniformes, lo cual genera problemas en la manipulación y aplicación una vez que se hacen las plantaciones en terreno.

Varias de las mezclas analizadas presentaron una salinidad considerada ligeramente alta para arándanos, los cuales requieren una C.E. menor de 1,5 dS/m. Sin embargo, hay mezclas donde el orujo de uva está presente, con la conductividad eléctrica muy elevada, sobre 5 dS/m, lo cual está relacionado con el alto contenido de potasio y de sodio, especialmente de la mezcla de escobajo y orujo de uva (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Evaluación de porosidad total, aireación y retención de humedad de 10 mezclas de materiales bases.

Mezclas	Prop.*	Porosidad			pH	C.E.
		Total	Macro	Micro		
	(v/v)	%				dS/m
Escobajo: Capotillo de arroz	1:1	81,6	60,8	20,8	7,0	7,0
Capotillo de arroz: Sarmiento	1:1	73,8	55,7	18,1	6,0	6,0
Escobajo: Orujo de uva pisquera	3:1	79,7	50,7	29	6,5	6,5
Escobajo: Sarmiento	1:1	77,4	46,2	31,2	6,4	6,4
Aserrín: Capotillo de arroz	1:1	79,8	45,9	33,9	6,0	6,0
Orujo de uva pisquera: Capotillo de arroz	1:1	68,9	41,7	27,2	6,5	6,5
Escobajo: Orujo de uva pisquera	1:1	68	40,7	27,3	6,3	6,3
Aserrín: Escobajo picado de uva pisquera	1:1	79,1	40,5	38,6	6,5	6,5
Aserrín: Sarmiento picado de uva pisquera	1:3	66,8	39,0	37,8	6,4	6,4
Alperujo compostado: Capotillo de arroz	1:2	78,7	46,5	32,2	6,6	6,6

(*) (v/v) Proporciones de la mezcla, expresado en volumen

Los contenidos de nitrógeno total y disponible son variables, presentándose en mayor grado en las mezclas que contienen orujo en una proporción igual con capotillo de arroz y con escobajo (Cuadro 2.4).

Cabe destacar que las mezclas presentaron un alto contenido de fósforo y potasio, excepto la mezcla alperujo, capotillo de arroz. Las mezclas con un mayor nivel de sodio disponible son aquellas que contienen escobajo o sarmiento.

Cuadro 2.4. Caracterización del contenido de nitrógeno total y disponible, fósforo, potasio calcio, magnesio

Mezclas	Prop.*	N Total	N	P	K	Ca	Mg	Na
	(v/v)	%	Disponible (mg/ kg)					
Escobajo: Capotillo de arroz	1:1	0,46	13	154	8.860	2.896	654	379
Capotillo de arroz: Sarmiento	1:1	0,58	58	127	4.020	2.024	750	140
Escobajo: Orujo de uva pisquera	3:1	1,99	46	556	14.840	3.360	952	540
Escobajo: Sarmiento	1:1	1,27	36	213	9.360	3.852	1.119	499
Aserrín: Capotillo de arroz	1:1	0,19	10	204	2.780	1.036	342	161
Orujo de uva pisquera: Capotillo de arroz	1:1	2,15	296	628	10.700	1.548	859	99
Escobajo: Orujo de uva pisquera	1:1	2,28	168	569	14.560	2.388	938	340
Aserrín: Escobajo picado de uva pisquera	1:1	0,60	9	297	8.260	2.804	566	458
Aserrín: Sarmiento picado de uva pisquera	1:3	0,38	69	285	5.140	2.720	1.024	320
Alperujo compostado: Capotillo de arroz	1:2	1,22	10	5	598	916	156	57

(*) Proporciones de la mezcla, expresado en volumen.

2.4 Comentarios

Es importante considerar que en la zona norte del país el porcentaje de materia orgánica en los suelos es muy baja (inferior al 2,5% en capa arable), propio de zonas áridas donde hay escasa acumulación de residuos vegetales.

Por lo tanto, el agricultor que desee establecer una plantación de arándanos en la zona debe incorporar suficiente materia orgánica en sus suelos, lo que puede implicar un costo aún mayor, considerando que este material debe provenir del sur.



Figura 2.1. Efecto del sustrato de orujo de uva compostado sobre el crecimiento de planta cv. O'Neal, en un suelo arenoso, localidad El Milagro, región de Coquimbo.

La información entregada puede ser de utilidad como datos referenciales en el caso que se quiera disponer de esta material para conformar un sustrato orgánico a partir de elementos locales.

Al realizar el ejercicio para estimar la disponibilidad real de materias primas locales, por ejemplo en la industria pisquera que procesa aproximadamente 120 millones de kilos de uva, cada temporada, para producir alcohol, un 7% corresponde a orujo y escobajos, o sea 8.400 T de desechos orgánicos por temporada. Esto implica un volumen de 10.000 m³ de sustrato sin compostar. Este volumen, considerando una aplicación promedio de 200 m³ por ha, cubriría una superficie de 50 ha. Cabe destacar que algunas empresas, procesan este desecho y el compost es entregado a los mismos productores asociados.

Por otra parte, la industria del aceite de oliva ha tenido un crecimiento importante en la región. Actualmente hay 2000 ha plantadas con olivos para la industria de aceite, con una producción potencial promedio de 10 T/ha. Se considera que al menos un 70% de lo que se procesa, se convierte en desechos, llamado alperujo. En el 2004 se estimaba un total de 7.700 T de desecho, en el año 2010 éste aumentaría a 14.000 T. En este caso, se desconoce la relación de desechos versus compost.

Ambos subproductos no son posibles de usar directamente en el arándano, y requieren de un proceso de compostaje controlado antes de incorporarlo como una alternativa para el cultivo del arándano.

Luego, los puntos a considerar en la selección de sustrato son:



Los sustratos locales en estado fresco, si bien reúnen características físicas relevantes para el cultivo del arándano, no representan una alternativa real por:

- La baja disponibilidad en la región.
- Heterogeneidad en cuanto a tamaño de partículas, dificultando la aplicación.
- Carencia de un proceso de compostaje, especialmente para los sustratos derivados de la industria olivícola, lo que limita su uso.
- Carencia de un protocolo de manejo de agua para aquellos sustratos de baja retención de humedad.

Por lo tanto, se recomienda el uso de aserrín como un sustrato adecuado para el cultivo del arándano. En lo posible usar sin mezclar con suelo ó en una proporción mayor (50%) a la de suelo. En el caso de cultivo en macetas se recomienda aplicarlo sólo o en combinación con sustratos de partículas similares en tamaño.

En definitiva, en la región no hay suficiente disponibilidad de materia orgánica proveniente de industrias locales y se debe buscar alternativas de la zona centro sur.

Como sugerencia general se recomienda analizar los materiales orgánicos tanto en sus características físicas como químicas, e igualmente probar diferentes mezclas que cumplan con la mayor parte de los requerimientos de los arándanos. Pero es preferible trabajar con un material compostado de manera de conseguir un sustrato estable y uniforme de modo de facilitar la aplicación en terreno. Además, se debe generar un protocolo de manejo de agua, acorde a la capacidad de retención de humedad de cada mezcla de sustrato, fertilización en relación a la disponibilidad de nutrientes y a las exigencias del cultivo.

2.5 Referencias consultadas

- Albuquerque, J. A., J. González, D. García, J. Cegara. 2004. Agrochemical characterisation of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation methods for olive oil extraction. *Bioresource Technology* 91:195-200.
- Abad, M. 1991. Los sustratos hortícolas. p. 1-15. In: *II Congreso Nacional de Fertirrigación*. Almería, 18-20 septiembre. Fundación para la Investigación Agraria en la Provincia de Almería.
- Coñuepan, S., P. Paspiño. 2004. Estudio de factibilidad técnico económica, para la producción de hortalizas orgánicas bajo plástico, con tres sustratos diferentes en la localidad cordillerana de Malacahuello, comuna de Curacautín, IX Región. 102 p. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Universidad Católica de Temuco. Escuela de Agronomía. Temuco, Chile.



- Labrador, J. 2001. La materia orgánica en los agrosistemas. p. 227-263. Ediciones Mundi-Prensa.
- Messerer, D. 1998. Sustratos alternativos en la propagación de paltos (*Persea americana*). 65 p. Taller de Licenciatura. Universidad Católica de Valparaíso. Facultad de Agronomía. Quillota, Chile.
- Pastor, J. 2001. Utilización de sustratos en viveros. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art231-235.pdf>
- Pizarro, V. 2006. Evaluación físico-químico de sustratos, para la producción de arándanos en la Región de Coquimbo. 115 p. Tesis para optar al título de Ingeniero de ejecución de agronomía. U. de Aconcagua. La Serena.
- Rodríguez, M., Zazueta, J. 2004. Selección de sustratos en la producción de almácigos de hortalizas. (En línea). (Fecha de consulta: 11 enero 2006). Disponible en: <http://tiny.uasnet.mx/dir/direnlinea/ct/noticia.asp?id217>



3 Fertilización de arándanos bajo las condiciones del norte chico

Carlos Sierra Bernal
csierra@inia.cl

3.1 Introducción

Los suelos del norte chico se caracterizan por presentar un bajo contenido de materia orgánica, generalmente inferior al 2,5 % en la capa arable. Esto se explica por la escasa acumulación de residuos vegetales generada por la escasa vegetación nativa, debido a las condiciones de aridez de la región del Norte Chico. La mayor cantidad de materia orgánica se concentra en los primeros 15 cm. del suelo, (Honorato, 1993). Además gran parte de este carbono se encuentra humificado formando compuestos órgano-metálicos muy estables que no son accesibles al ataque de la microflora bacteriana, esto significa que el carbono lábil de estos suelos es escaso por lo tanto su actividad microbiológica es muy baja. Esto determina una pobre estructura, ya que la actividad de estos microorganismos es responsable de la agregación de las partículas del suelo.

El aporte o suministro de nitrógeno mineral ya sea como NH_4 o NO_3 es normalmente muy bajo, debido a que el mayor reservorio de nitrógeno del suelo se encuentra en la materia orgánica, más del 95% del nitrógeno total se encuentra en forma orgánica. Esto implica además que la retención y/o permanencia del nitrógeno en el suelo es escasa. Al aplicar nitrógeno en un suelo muy pobre en materia orgánica, éste permanece en gran medida disponible lo que favorece su pérdida en profundidad fuera del alcance de las raíces del arándano. Todo esto, afecta la eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado como fertilizante. Otros nutrientes como el azufre, fósforo y boro residen de manera cuantitativamente importante en la materia orgánica. Por lo tanto, suelos pobres en carbono orgánico pueden fácilmente presentar deficiencias de estos nutrientes, (Westerman, 1990).

Los suelos del Norte Chico presentan una reacción moderadamente alcalina, debido a su condición pedogenética y se riegan con aguas que contienen bicarbonatos, lo cual favorece la mantención de niveles de pH moderadamente alcalinos.

Además, presentan contenidos salinos variables pero generalmente mayores a 1,0 dS/m. En algunos casos pueden ser más altos especialmente cuando se usa agua de pozo ya sea somero o profundo, (Césped, 1995). Es decir, las condiciones edáficas no son las más adecuadas para el cultivo del arándano.

En general tres factores del suelo afectan de manera significativa un adecuado establecimiento y productividad del arándano, en suelos del norte chico, éstos son:



- Porosidad.
- Reacción del suelo o pH.
- Salinidad del suelo.

Un suelo de textura media normalmente presenta una porosidad total, que considera macro y microporos, cercana al 50%. Es decir la mitad del volumen del suelo está normalmente ocupado por aire y agua. Sin embargo, para el arándano es muy importante la macroporosidad, la cual debe alcanzar alrededor del 50% de la porosidad total. Este gran espacio de poros grandes permite un rápido drenaje del agua y por lo tanto una óptima aireación del suelo (Pizarro, 2006). Además, bajo estas condiciones la impedancia mecánica es mínima favoreciendo así el máximo crecimiento radicular.

3.2 El arándano y la reacción del suelo (pH)

El arándano prefiere condiciones de suelo de pH, fuertemente ácido (medido en suspensión), es decir idealmente menor de 5,0. Dependiendo de la especie, los rangos de pH óptimo pueden variar. Las especies ojo de conejo (*V. ashei*) son más resistentes a pH alto que la especie arbusto alto. En la región, los suelos normalmente presentan una reacción mayor de 7,5 y puede alcanzar hasta más de 8,0. La resistencia al cambio del pH está muy afectado por la presencia de carbonatos y también por la cantidad de arcilla; a mayor contenido de calcita y de arcilla, más difícil de modificar el pH. Por lo tanto, una forma de mejorar el diagnóstico de la reacción del suelo es conociendo además el contenido de carbonato y de arcilla. Los suelos de la región generalmente presentan bajo contenido de calcita menor al 0,2 % en superficie (20 cm), aumentando en profundidad. Contenidos mayores al 2% de carbonatos normalmente, presentan un pH cercano a 8,0, bajo estas condiciones, modificar el pH del suelo es prácticamente imposible mientras no se neutralice todo el carbonato presente en el suelo, lo cual es muy oneroso. Es decir, en términos prácticos se puede tener tres situaciones de pH del suelo, considerando pH 7,8 como referencia porque sobre este valor la disponibilidad del fósforo y micronutrientes se afecta significativamente.

- a) Suelos de pH menor de 7,8 sin contenido calcáreo
 - b) Suelos de pH 7,8 con bajo contenido calcáreo, menor a 0,5%
 - c) Suelos de pH mayor de 7,8 con alto contenido calcáreo.
-
- a) En el primer caso la modificación del pH mediante enmienda azufrada o con ácido sulfúrico puede ser fácil de lograr, sin embargo la resistencia al cambio estará dada por la textura del suelo. Suelos arcillosos requerirán más enmienda y los suelos arenosos menos enmienda acidificante. Este tipo de suelos arcillosos se presentan en toda la región, especialmente en la provincia de Choapa.
 - b) En suelos con bajo contenido de carbonato de calcio (menor de 0,5%) la



resistencia a cambiar el pH por efecto de las enmiendas ácidas será mayor, este tipo de suelos es más frecuente de encontrar en la región. En este caso, se debería regar constantemente con agua acidulada a pH 4.

- c) En suelos con alto contenido de carbonato de calcio, que para el caso del arándano deberían considerarse aquellos con más de 2 %, es recomendable no plantar. En caso de presentarse esta situación se debería regar continuamente con agua acidulada a pH 3, previamente titulada y además el suelo debería tener originalmente una salinidad inferior a 1,5 dS/m.

Esta última recomendación es importante de considerar porque la acidificación del suelo incrementa la salinidad. Por lo tanto, al acidificar el suelo es fundamental que esté presente un buen drenaje, para de este modo lavar el exceso de sales, ya que el arándano es muy sensible aún a bajos niveles de salinidad (2,0 dS/m).

La acidulación del agua de riego con ácido sulfúrico puede ser una buena alternativa para regular el pH de la solución suelo. Al cabo de 6 meses de implementar esta técnica se recomienda monitorear el pH para verificar el cambio de la reacción del suelo. En el Cuadro 3.1 se presentan las cantidades de ácido sulfúrico requeridas para llevar a 6,0 el pH del agua de riego, de diferentes ríos de la región.

Otra alternativa interesante es acidular con ácido cítrico, el cual tiene la ventaja de que no genera salinidad, además es un ácido débil, el problema es su alto costo. Cabe destacar, la gran influencia sobre el crecimiento radicular del arándano del pH fuertemente ácido del sustrato-suelo (Tamada, 2004).

Cuadro 3.1. Cantidad de ácido sulfúrico requerido para llevar el pH a 4 y 6 del agua de riego, de diferentes ríos de la región.

Río	Ácido sulfúrico requerido para llevar el pH del agua (cc de ácido/m ³ de agua)	
	A pH 4	A pH 6
Huasco	38	25
Elqui	30	23
Limarí	39	27
Choapa	27	18



3.2.1 Regulación del pH del suelo mediante azufre elemental

Si el suelo presenta un pH mayor de 7,0 y no contiene carbonato de calcio se recomienda, aplicar azufre elemental para bajar el pH, según la textura, ver Cuadro 3.2 Las dosis recomendadas, corresponden a camellones establecidos a 2,5 m entre hilera, las dosis corresponden a 1.120, 670 y 400 kg de azufre elemental por ha, respectivamente, mezclado en forma localizada con el suelo en la hilera de plantación, considerando un 90% de azufre elemental en la enmienda en suelo sin carbonato de calcio.

En suelos de pH mayor de 7,8 y con bajo contenido de calcáreo se debe incrementar la dosis de azufre elemental en por lo menos un 50 %

Cuadro 3.2. Dosis de azufre elemental según textura del suelo.

Textura	Dosis de Azufre elemental (g/m lineal)
Arcillosa	250
Franca	150
Arenosa	90

3.2.2 Efecto de la acidificación excesiva del suelo

Una acidificación excesiva del suelo, especialmente de aquellos que no contienen carbonatos puede producir una gran liberación de manganeso y en condiciones extremas también de aluminio, (Ferreya *et al.*, 2001). Los suelos de la región poseen una gran reserva de manganeso especialmente aquellos de origen granítico. La liberación del manganeso se produce a pH 6,0 y se intensifica a medida que baja el pH del suelo, mientras que la liberación de aluminio se intensifica bajo pH 5,2. El manganeso es absorbido fácilmente por la planta y se acumula en altas cantidades en las hojas, dependiendo de la variedad puede producir toxicidad, caso de cultivares tipo "ojo de conejo" (rabbiteye). Este desorden se manifiesta por la formación de pequeñas pequitas o puntos necrosados en la lámina de la hoja. En casos extremos la planta presenta defoliación y finalmente muere.

Cabe señalar, que en experimentos realizados en la localidad de Las Cañas, valle de Choapa con 5 cultivares de arándano se observó que O'Neal (arándano alto, híbrido) absorbió gran cantidad de manganeso, acumulando en sus hojas concentraciones muy altas, mayor a 450 ppm, valor considerado excesivo para arándanos. Bajo estas condiciones las plantas mostraron ciertos signos visuales de toxicidad (puntos necrosados en el envés de las hojas). Sin embargo, los rendimientos de fruta en las dos primeras temporadas de producción aparentemente no fueron afectados, alcanzando 1,8 kg/planta al segundo año de producción, lo que equivale a 9 t/ha de fruta, observándose una disminución de la producción en la temporada siguiente (Salvatierra *et al.*, 2006).



Los suelos del huerto donde se manejaban estos arándanos alcanzaron una reacción muy fuertemente ácida, presentando valores extremos de pH, 3,3 en Diciembre de 2001, para estabilizarse en 4,5 en las dos últimas temporadas. Esto se explica, por la excesiva acidificación a que fueron sometidos inicialmente por acción del aserrín de pino y por la dosis muy alta de azufre elemental aplicado en forma localizada, además estos suelos no presentaban carbonatos en la capa arable.

3.3 Salinidad

El arándano es una especie extremadamente sensible a la salinidad, trabajos realizados en EE.UU. señalan niveles tan bajos como 1,7 dS/m como restrictivo para el óptimo crecimiento de la planta. Sin embargo, este nivel de salinidad corresponde al efecto producido por el cloruro de sodio. Por esta razón, es importante considerar el tipo de sales presentes en el suelo, al relacionar conductividad eléctrica, crecimiento y rendimiento de las plantas. La sal más tóxica para el arándano es el cloruro de sodio o sal común (Grattan y Grieg, 1999). Otras sales como el yeso y sales de nitrógeno son bastante inocuas para las plantas, (Césped, 1996). Sin embargo, en suelos con una salinidad mayor a 2,5 dS/m es recomendable primero lavar el suelo previo a la plantación, con agua de buena calidad, es decir con menos de 0,6 dS/m. Idealmente los suelos deben presentar menos de 2,0 dS/m medido en pasta saturada. Evitar plantar en suelos regados con aguas salinas o ligeramente salinas, es decir con niveles iguales o mayores de 0,75 dS/m de conductividad eléctrica. Las aguas de pozos generalmente presentan mayor salinidad. Normalmente las aguas superficiales de los ríos mayores de la región presentan niveles inferiores a 0,65 dS/m.

3.4 Antecedentes generales sobre la fertilización del arándano

El arándano recién establecido es una planta que demanda muy poca cantidad de nutrientes y lo que más requiere es nitrógeno. Sin embargo, al momento de la plantación se conjugan dos factores importantes para considerar las dosis de fertilizantes a aplicar. Por una parte, el volumen radicular es muy pequeño y por lo tanto la capacidad de intercepción y exploración del suelo es muy escasa para captar nutrientes, especialmente fósforo. Además, el aserrín usado como enmienda puede provocar hambre de nitrógeno. Todo esto sugiere, que las dosis de fertilización para el establecimiento óptimo de las plantas puede ser mayor a la demanda real de las plantas.

En suelos fértiles con buen contenido de materia orgánica, que son escasos en la región, es muy probable que se requiera aplicar una dosis baja de nitrógeno. Por el contrario, en suelos muy pobres en materia orgánica y muy arenosa en el primer año de plantación puede ser necesario aplicar más nitrógeno. Sin embargo, es importante destacar que dosis excesivas de fertilizantes incrementarán la salinidad en la zona de raíces, afectando el crecimiento y en casos extremos produciendo "quemado" de los brotes nuevos, esto puede ser particularmente importante en los meses de crecimiento activo.



Por otra parte, huertos en producción deben fertilizarse considerando los siguientes aspectos: características químicas del sustrato, extracción de nutrientes según rendimiento esperado, método de riego empleado y concentración foliar de elementos. El arándano es una planta muy poco extractiva de nutrientes minerales, especialmente lo exportado por la fruta, sin embargo lo requerido por el resto de la planta, como parte aérea y raíces, determina cantidades mayores de nutrientes minerales.

3.5 Tecnología de uso de fertilizantes

La tecnología de uso de fertilizantes considera varios aspectos entre los cuales se deben considerar:

1. Qué nutrientes aplicar a los arándanos bajo las condiciones de suelo-sustrato locales.
2. Qué dosis aplicar de cada nutriente.
3. Qué fuente fertilizante usar.
4. En qué época aplicar los nutrientes.
5. Cómo aplicar los nutrientes.

3.5.1 Nutrientes a aplicar a los arándanos bajo las condiciones de suelo y sustrato locales

Por las características de los suelos y además por el requerimiento del arándano, nitrógeno, fósforo y potasio serían los nutrientes más demandados. Sin embargo, de acuerdo a información experimental realizada localmente, otros nutrientes también han demostrado ser importantes.

En el Cuadro 3.3 se presenta el tipo de nutriente recomendado, según la edad de plantación. Al primer año se recomienda aplicar nitrógeno y fósforo más algunos micronutrientes. Todos los años se debe aplicar nitrógeno y fósforo, el primero por su baja disponibilidad en los suelos y sustratos de la región. El fósforo, debido a que también es deficitario en el suelo y a que el sistema radical del arándano generalmente es escaso. La carencia de sistema radicular afecta primordialmente la absorción de fósforo debido a que este elemento es muy poco móvil en el suelo, por lo tanto las raíces deben salir a "buscarlo", mediante exploración del volumen sustrato-suelo. Barber (1995) señala que existe una relación lineal estrecha entre fósforo absorbido y el largo del sistema radical en plantas de maíz.

En relación a los micronutrientes, se sugiere aplicar zinc, porque generalmente este elemento es deficitario en la gran mayoría de los suelos de la región y también en los sustratos. En el caso del hierro, el arándano es una planta exigente en este elemento, sin embargo un bajo pH del sustrato-suelo favorece la absorción de este nutriente. En el caso del cobre, el suministro se ve afectado por altos niveles de materia orgánica que determinan una fuerte quelatación, afectando su disponibilidad. Por otra parte, los nutrientes a aplicar se pueden diagnosticar previo a la plantación, mediante análisis químico de suelo.

Cuadro 3.3. Nutrientes recomendados, según edad de la plantación de arándanos.

Edad del huerto	Nutriente
1	N-P-Zn-Fe
2	N-P-K-Zn-Fe-Cu
3	N-P-K-Zn-Fe-Cu
4 y sucesivos	N-P-K-Mg-Zn-Fe-Cu

3.5.1.1 Concentración foliar de algunos macro y micronutrientes en cv. Misty y O'Neal creciendo en la región de Coquimbo.

En las siguientes figuras se presenta la distribución de frecuencia del contenido de N-P-K-Zn-Mn-Fe, analizadas en 198 muestras foliares en el cv. Misty y 233 en el cv. O'Neal. Cabe señalar que éstas corresponden a muestras obtenidas de diferentes tipos de ensayos, establecidos en macetas y en campo. Los rangos foliares utilizados corresponden a lo citado por Eck (1988).

En la Figura 3.1 se aprecia la distribución de frecuencia del contenido de nitrógeno en hojas de arándano de Misty y O'Neal, creciendo en la región de Coquimbo. Ambas variedades presentan el mayor porcentaje de muestras con niveles de nitrógeno en el rango óptimo (valor promedio de 1,9 %). Sin embargo, el cv. O'Neal presenta un porcentaje bastante mayor de muestras en rango considerado excesivo (valor promedio de 2,3 %), esto sugiere que esta variedad presenta una mayor capacidad para absorber nitrógeno, comparada con Misty.

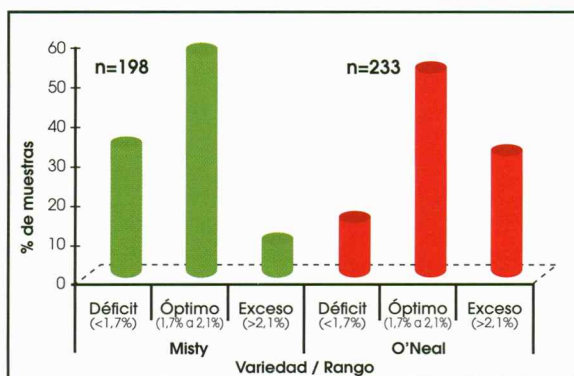


Figura 3.1. Distribución de frecuencia del contenido de nitrógeno en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.



En el caso del fósforo (Figura 3.2) Misty presenta un mayor porcentaje de muestras en los rangos bajos (valor promedio de 0,06 %) y óptimos (valor promedio de 0,09 %), mientras que O'Neal presenta una mayor frecuencia de muestras en el rango óptimo (valor promedio 0,131 %) y un menor porcentaje en el rango deficitario (valor promedio de 0,072 %), esto sugiere una mayor eficiencia de este cultivar para absorber fósforo.

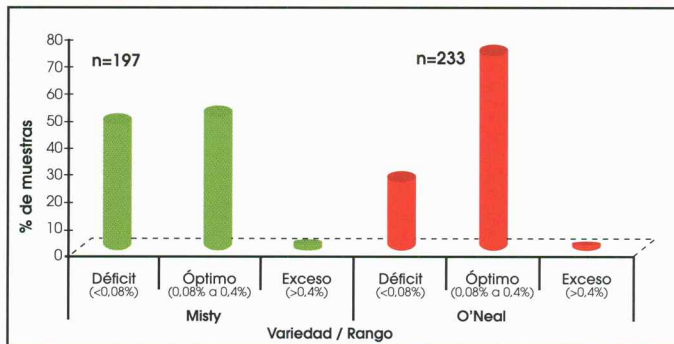


Figura 3.2. Distribución de frecuencia del contenido de fósforo en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.

La distribución de frecuencia del contenido de niveles de potasio se aprecia en la Figura 3.3 en este caso, ambas variedades presentan niveles considerados óptimos (valor promedio es de 0,55 %) y altos (valor promedio de 0,90 %), esto puede explicarse porque muchos de los huertos analizados son jóvenes y por lo tanto presentan menos demanda de este elemento. Por otra parte, esto también sugiere que el suministro de potasio de los sustratos y del suelo es adecuado, para el nivel productivo de ambas variedades, no siendo necesaria la aplicación de potasio, en esta etapa.

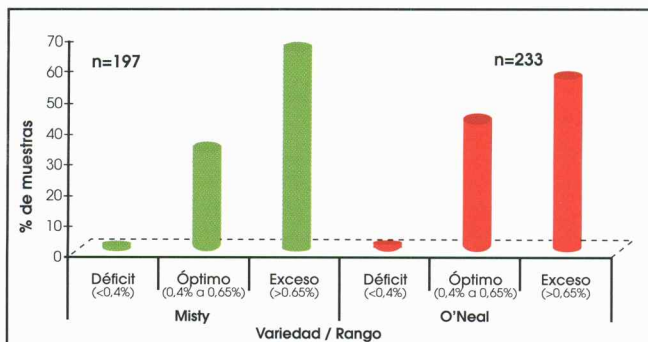


Figura 3.3. Distribución de frecuencia del contenido de potasio en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.



En el caso del zinc, en ambas variedades el mayor porcentaje de muestras se concentra en el rango óptimo (valor promedio es de 12,6 ppm). Este adecuado equilibrio en ambas variedades se explica porque la recomendación técnica sugiere la aplicación de este nutriente, dado que los contenidos naturales de zinc en los suelos son generalmente bajos (Figura 3.4).

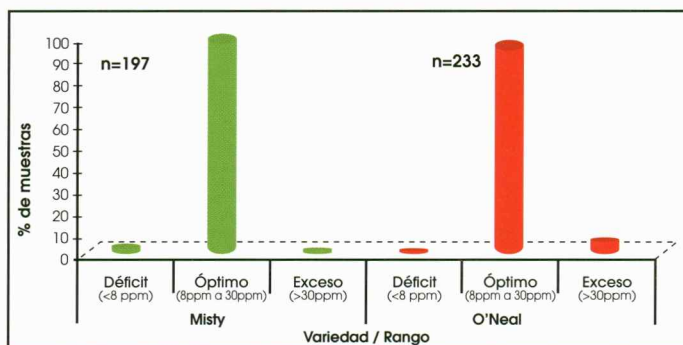


Figura 3.4. Distribución de frecuencia del contenido de zinc en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.

La distribución de frecuencia del contenido de manganeso foliar se aprecia en la Figura 3.5. El cultivar O'Neal presenta un porcentaje de muestras significativamente mayor en el rango de nivel excesivo (valor promedio de 726 ppm) comparado con Misty (valor promedio de 473 ppm), esto sugiere que O'Neal es menos selectiva en su absorción de manganeso que la variedad Misty. Esto indica claramente que este nutriente se encuentra altamente disponible en la mayoría de los suelos de la región y no es recomendable su aplicación.

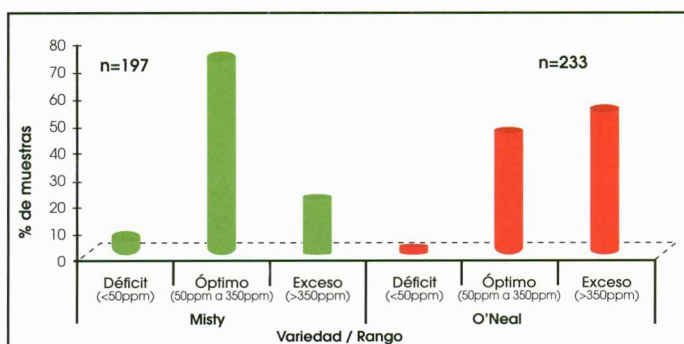


Figura 3.5. Distribución de frecuencia del contenido de manganeso en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.



En la Figura 3.6 se presenta la distribución de frecuencia del contenido de hierro en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo. En las dos variedades se aprecia que los contenidos de hierro se ubican principalmente en el rango óptimo (valor promedio de 150 ppm) y excesivo (valor promedio de 255 ppm). La acidificación, el uso de sustratos de reacción ácida como aserrín y el uso de fuentes nitrogenadas igualmente acidificantes explica los adecuados niveles de hierro en las plantas de arándanos. Aún cuando, naturalmente los contenidos de hierro disponible en los suelos de la región son deficitarios, pero los contenidos de hierro total son naturalmente altos en los suelos (Mortvedt, 1991).

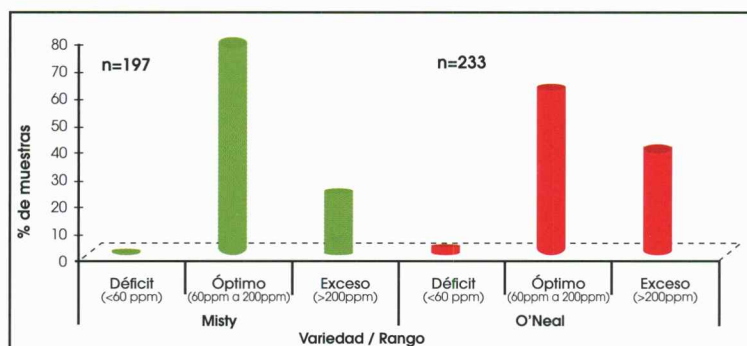


Figura 3.6. Distribución de frecuencia del contenido de hierro en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.

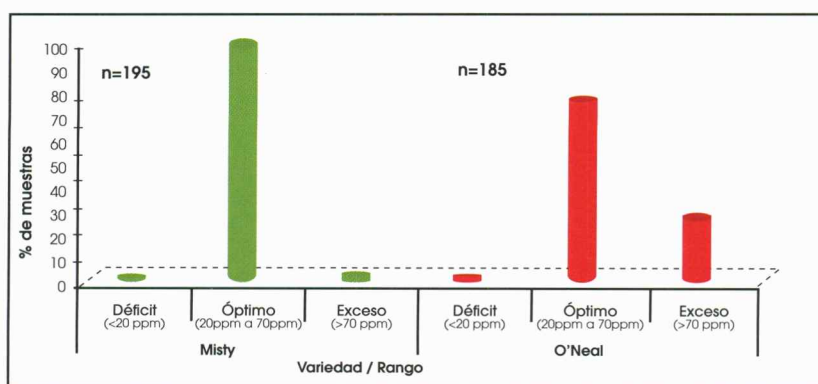


Figura 3.7. Distribución de frecuencia del contenido de boro en hojas de arándano cv. Misty y O'Neal, creciendo bajo las condiciones de la región de Coquimbo, considerando rangos de niveles deficitarios, óptimos y excesivos.



En la Figura 3.7 se aprecia la distribución de frecuencia del contenido foliar de boro en 195 muestras del cv. Misty y 185 muestras del cv. O'Neal. Ambos cultivares presentan la mayor frecuencia de las muestras en el rango considerado óptimo (valor promedio de 47.9 ppm en cv. O'Neal), especialmente el cv. Misty (valor promedio de 63 ppm). En el caso de O'Neal presenta un 20% de las muestras analizadas en niveles considerados excesivos (valor promedio sobre 140 ppm). Es importante destacar que ambas variedades prácticamente no presentan muestras en niveles considerados deficitarios. Esto puede explicarse porque todas las muestras analizadas, corresponden a plantaciones regadas con aguas del río Elqui, el cual presenta contenidos ligeramente altos de boro.

Además de conocer los contenidos de nutrientes a nivel foliar en arándanos creciendo en las condiciones agroecológicas del norte chico es importante conocer la evolución en el tiempo de la concentración de macroelementos y microelementos. En la Figura 3.8 se presenta la evolución de macroelementos en O'Neal creciendo en el valle de Choapa sobre camellones de aserrín, en dos temporadas. Se observa que las concentraciones de P, Mg y K son bastante estables durante el período de producción (octubre- enero) no así el nitrógeno y el calcio. El nitrógeno, en O'Neal disminuye a medida que avanza la temporada, mientras que el calcio tiende a aumentar, esta tendencia es la típica de la mayoría de las especies frutales.

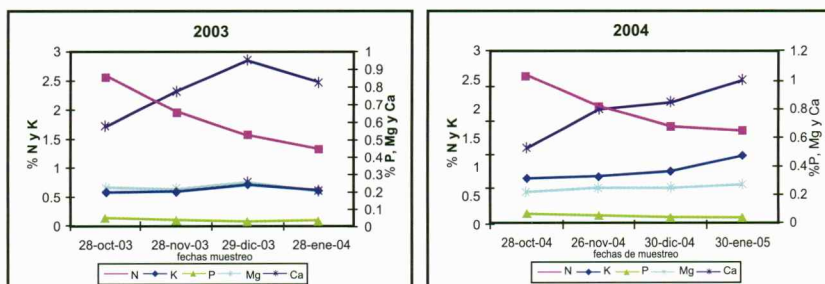


Figura 3.8. Evolución de macroelementos en cv. O'Neal, Valle de Choapa, 2003 y 2004.

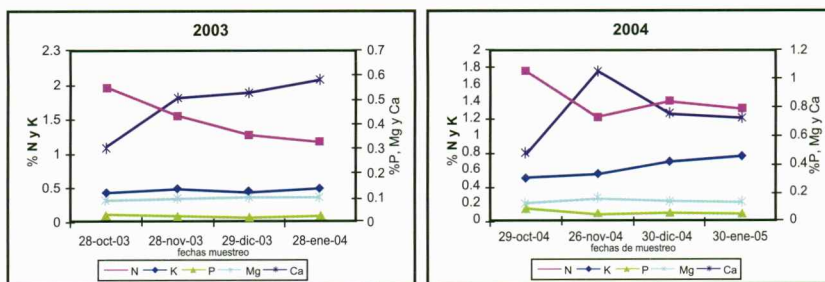


Figura 3.9. Evolución de macroelementos en cv. Misty, Valle de Choapa, 2003 y 2004.



En la Figura 3.9 se observa la misma relación para el caso de Misty en las mismas dos temporadas, en general se aprecia la misma tendencia señalada que en el cv. O'Neal.

En la figura 3.10 se aprecia la evolución de la concentración de micronutrientes en el cv. O'Neal, en dos temporadas de estudio (Sierra *et al.*, 2006). En cuanto al nivel de micro elementos, zinc, hierro y cobre son bastante estables en el período desde Octubre a Enero. El Manganeseo se presenta en una concentración foliar alta tanto para la variedad Misty como O'Neal. Sin embargo, la evolución es diferente dependiendo de la variedad, en el caso de O'Neal, tiende a producirse un alza en la concentración alcanzando entre 1.200 y 2.000 ppm, según la temporada.

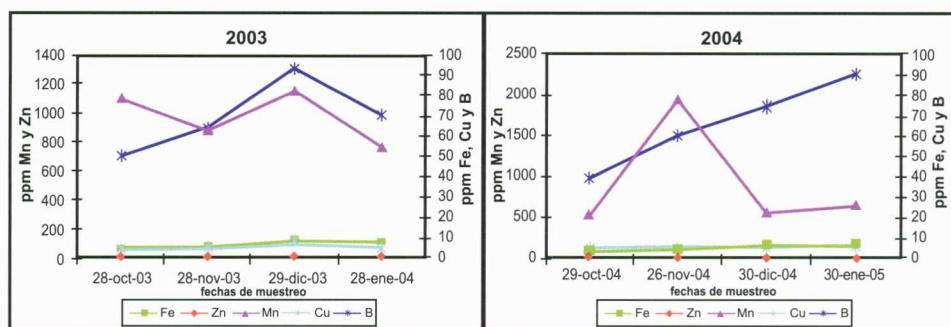


Figura 3.10. Evolución de microelementos en var. O'Neal. Valle de Choapa, 2003 y 2004.

En el caso de Misty (Figura 3.11) durante la temporada 2003, los niveles están bajo el nivel máximo del rango adecuado, sin embargo en la temporada siguiente la concentración de Mn se eleva por sobre los rangos normales en Noviembre, mes de cosecha.

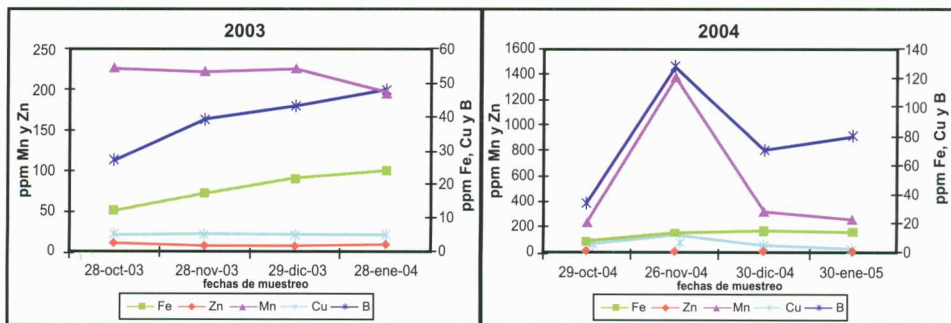


Figura 3.11. Evolución de microelementos en cv. Misty. Valle de Choapa, 2003 y 2004.



Si bien, los arándanos se definen como plantas acumuladoras de manganeso (Eck, 1988; Korkac, 1988), las variedades, dependiendo de su origen genético, responden en forma diferente, presentando una sintomatología visual evidente de toxicidad descrita para otras especies como arveja, soya y cebada.

Se señala que un exceso de manganeso foliar, afecta el crecimiento, dependiendo de la variedad y especie, sin detectar sintomatología visual extrema más allá que clorosis. (Korkac, 1988; Tamada, 1997; Spiers, 1978). Las concentraciones detectadas en dichos estudios, son menores en general a los niveles observados en plantaciones de la región de Coquimbo.

Cuando el pH disminuye, el manganeso aumenta su solubilidad en la solución suelo dejándolo disponible para las plantas, por su parte las plantas aumentan su capacidad de absorción. Cabe destacar que en el sitio de ensayo, por efecto de manejo, el suelo presentó en promedio un pH bajo 4,8 y el contenido de Mn en el sustrato presentó concentraciones mayores de 30 mg/kg, valor que debe ser considerado alto.

3.5.1.2 Efecto de la aplicación de fósforo, magnesio y micronutrientes en macetas en arándanos cv. O'Neal y Misty.

En el ensayo para estudiar el efecto de fósforo, magnesio y micronutrientes (zinc, hierro y cobre) en sustrato suelo-aserrín en O'Neal, creciendo en macetas, se pudo apreciar la importancia de algunos microelementos en la producción de arándano, tal como se muestra en el Cuadro 3.4 (González, 2006). Al analizar el número de frutos por planta, el tratamiento sin micronutrientes (Fe, Zn y Cu) alcanzó solo el 54,7% del número de frutos, respecto del alcanzado por la fertilización al aplicar estos elementos menores. En relación al fósforo se observó que la influencia de este elemento fue menos importante, la no inclusión de este elemento implicó una pérdida del 23,9% del número de frutos cosechados, mientras que la no inclusión de magnesio en la fertilización determinó una disminución del 27,1% del número de frutos, respecto del tratamiento con fertilización completa.

En relación al peso de frutos por planta, se manifestó la misma tendencia que para el número de frutos. Es decir, la influencia de los micronutrientes fue más importante que fósforo y magnesio. La no adición de elementos menores, determinó una pérdida del 62,2% de rendimiento. El no aplicar fósforo originó una pérdida del 34,5% del rendimiento respecto del tratamiento con fertilización completa, mientras que la no incorporación de magnesio determinó una pérdida del 48,66% de rendimiento, respecto del tratamiento con fertilización completa (Cuadro 3.4).

En el Cuadro 3.5 se presenta el efecto de los tratamientos sobre el número total de frutos y el peso total de frutos obtenidos en ensayo similar al anterior pero en cv. Misty. En este caso, esta variedad no presentó diferencias entre los tratamientos.



Cuadro 3.4. Efecto de nitrógeno, fósforo, magnesio y micronutrientes en la producción de la primera temporada y número de frutos de arándano cv. O´Neal en macetas.

Tratamientos	Total N° Frutos por planta	Total Peso Frutos g/planta
N,P, K , Mg y micro	163,3 a	149,0 a
N, K y Mg	124,2 b	97,6 b
N, P y K	119,0 b	76,5 c
N, P, K y Mg	89,4 c	56,4 d
C.V. %	16,10	4,89

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0,05$). C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 3.5. Número total de frutos y producción, según tratamientos completo, sin P, sin Mg y sin micronutrientes en cv. Misty en macetas.

Tratamientos	Total N° Frutos por planta	Total Peso Frutos g/planta
N,P, K , Mg y micro	312,2 a	403,66 a
N, K y Mg	337,0 a	457,75 a
N, P y K	440,4 a	548,27 a
N, P, K y Mg	321,0 a	453,21 a
CV %	30,41	30,78

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0,05$). C.V. Coeficiente de variación

3.5.2 Dosis de nitrógeno para arándanos, bajo las condiciones del norte chico

La dosis a aplicar de nitrógeno y otros nutrientes es dependiente de factores tales como, edad del huerto, tipo de sustrato, método de riego, rendimiento esperado, sistema de plantación en campo o macetas. Para establecer las dosis más adecuadas de nitrógeno para el arándano, se realizaron varios experimentos de fertilización en maceta y en campo con las variedades Misty y O´Neal.

Una adecuada dosificación de nitrógeno es muy importante, debido a que este nutriente es deficitario en la mayoría de los suelos de la región y además es un



nutriente que en dosis excesivas genera problemas de baja producción, desórdenes fisiológicos y mala condición en la post cosecha de la fruta.

3.5.2.1 Fertilización de cv. O'Neal bajo condiciones de maceta con sustrato aserrín suelo

La fertilización en macetas debe ser menor a la considerada en condiciones de campo, debido al mayor confinamiento del sistema radicular de las plantas y al mejor manejo del agua que se puede lograr bajo estas condiciones. El tipo de sustrato determinará la dosis a aplicar y también el volumen de sustrato y la edad de las plantas. En general las dosis de fertilización en macetas debe ser menor que la considerada a nivel de campo.

Estudios realizados con la variedad O'Neal bajo condiciones de macetas (15 L al primer año y 30 L al segundo año) establecidos en sustrato aserrín – suelo (2:1), permitieron determinar los niveles más adecuados de fertilización.

La fertilización nitrogenada se aplicó como sulfato de amonio, éste incrementó la salinidad y bajó el pH de la solución suelo. La conductividad eléctrica se incrementó al aumentar la dosificación de nitrógeno. Con la dosis máxima de N aplicado, la CE alcanzó niveles de 5 dS/m, esto podría ser perjudicial para el arándano, ya que este no tolera niveles superiores a 1.5 dS/m. Sin embargo, este último valor está referido a salinidad generada por cloruro de sodio.

Los contenidos de nitrógeno foliar al establecimiento se incrementaron al aumentar la dosis de nitrógeno aplicado, el tratamiento testigo registró niveles de 0,88% contra 1,78% en la dosis más alta.

Mientras que en plena producción, las plantas testigos sin nitrógeno presentaron un nivel foliar de 1,4%, siendo un nivel cercano a los rangos mínimos señalados. La deficiencia nutricional severa de nitrógeno, de las plantas testigos se manifestó con una coloración foliar rojiza, una baja o nula producción de brotes o ramillas nuevas (Figura 3.12), debido a que las reservas nutricionales (proteínas) se orientaron hacia la producción de fruta. Las plantas con dosis máxima de N alcanzaron niveles nitrogenados elevados (3,13%), estas plantas presentaban hojas con una coloración verde oscura, con una baja producción de fruta, dejando de manifiesto el desbalance generado por aplicaciones elevadas de nitrógeno.

El crecimiento vegetativo expresado como la longitud total de brotes, se vio afectado por las dosis de nitrógeno. Dosis altas afectaron negativamente el crecimiento y dosis intermedias generaron mayor longitud que el testigo sin N.

La categoría de brotes, según longitud de ellos, también se vio afectada. El tratamiento testigo sin N, presentó un mayor número de ramillas cortas (< 5 cm). Mientras que la menor dosis de N, provocó una mayor cantidad de brotes entre 5 y 20 cm.



Figura 3.12. Efecto de la ausencia de fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de plantas cv. Misty.

En la Figura 3.13 se aprecia el efecto de la fertilización nitrogenada en macetas, sobre la producción de arándanos de la primera temporada.

El peso de frutos por planta fue de 250 g por planta con la dosis de 3,6 g de N /maceta. Este rendimiento proyectado por hectárea con un marco de plantación de 3.333 plantas/ha se obtendrían 858 kg/ha de fruta, con una dosis equivalente de 13 kg N/ha. Dosis más altas deprimieron el rendimiento de fruta.

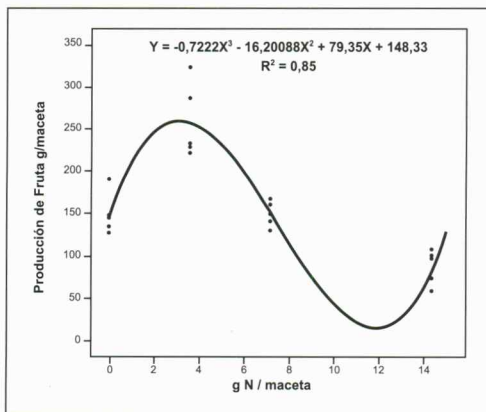


Figura 3.13. Relación entre producción de frutos de arándanos y dosis de N aplicada en macetas, ajustada según un modelo de regresión cúbica, cv. O'Neal.

3.5.2.2 Fertilización nitrogenada en arándanos cv. O'Neal

Ensayo realizado durante las temporadas 2008 y 2009 en el cv. O'Neal creciendo en un sustrato aserrín-suelo (2:1) en condiciones de campo en el CE de INIA Vicuña, permitió definir para esas condiciones las dosis de N apropiadas.

Fertilización en primer año de establecimiento

En la Figura 3.14 se presenta la relación entre dosis de nitrógeno y largo total de brotes, registrado en la primera temporada de crecimiento en el cv. O'Neal. La dosis más apropiada se estimó en 50 kg N/ha, alcanzando la planta una longitud total de brotes de 957 cm; con dosis mayores ésta decreció, llegando a 935 cm con 60 kg N/ha.

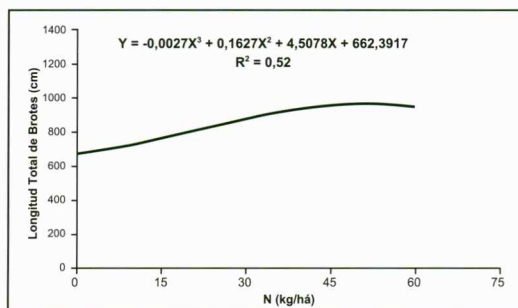


Figura 3.14. Relación entre nitrógeno aplicado y longitud total de brotes, en arándanos cv. O'Neal, en sustrato aserrín: suelo 2:1. Medición realizada al final del primer año de crecimiento.

En la Figura 3.15 se muestra la relación entre la concentración de nitrógeno foliar detectada en las plantas de acuerdo a las diferentes dosis de nitrógeno aplicadas. La absorción de nitrógeno fue acorde a las dosis aplicadas. Es decir aquellas plantas que no se les aplicó nitrógeno presentaron niveles foliares menores a 1,6% mientras que al aplicar 30 kg de N la concentración foliar se incrementó hasta 1,75%, en la mezcla de sustrato 2:1.

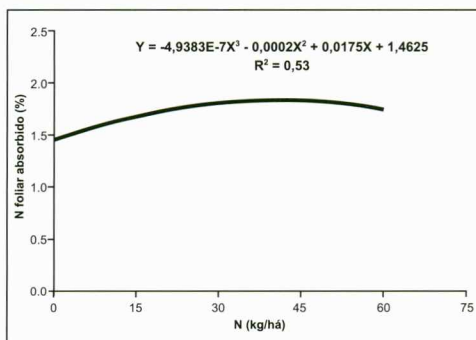


Figura 3.15. Relación entre la concentración de nitrógeno foliar y dosis de nitrógeno aplicado en cv. O'Neal, al establecimiento, en sustrato aserrín: suelo 2:1.



También se observó que la aplicación de nitrógeno como sulfato de amonio promovió la absorción de manganeso. En la Figura 3.16 se muestra la directa relación entre la absorción foliar de Manganeso y las dosis crecientes de nitrógeno, ésta explica en un 47% que la absorción se debe a la adición de nitrógeno como sulfato de amonio en las mezclas aserrín: suelo.

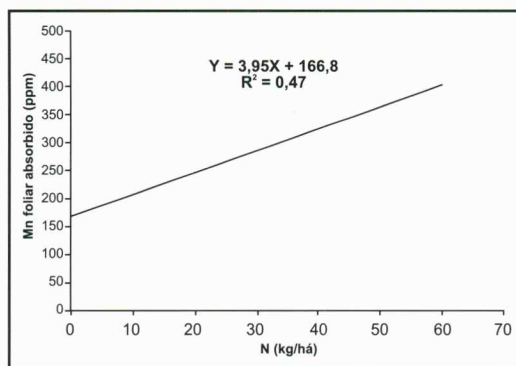


Figura 3.16. Absorción de manganeso, de acuerdo a diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada en cv. O'Neal, al establecimiento, en mezcla sustrato aserrín: suelo 2:1.

Fertilización nitrogenada en variedad O'Neal, al segundo año de establecimiento y primer año de producción.

En la Figura 3.17 se aprecia el efecto de distintas dosis de nitrógeno sobre el largo total de brotes en la segunda temporada de crecimiento, en el cv. O'Neal. El tratamiento sin nitrógeno alcanzó a 1.075 cm de largo de brote y con 60 kg/ha de nitrógeno se incrementó hasta 1.600 cm aproximadamente.

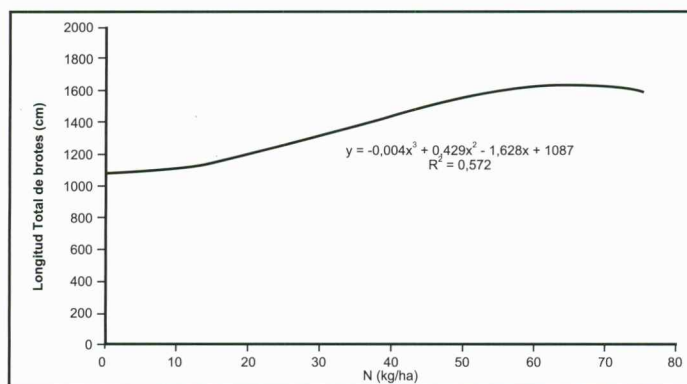


Figura 3.17. Relación entre nitrógeno aplicado y longitud total de brotes, en arándano cv. O'Neal, segunda temporada de crecimiento. INIA-Vicuña.



En la Figura 3.18 se presenta el número total de frutos por planta, en relación a la dosis de nitrógeno, éste aumenta en la medida que se aplican dosis más alta de este nutriente. La fertilización nitrogenada explica en un 64% las variaciones del número de frutos producidos por las plantas de arándanos. El número de frutos aumenta hasta que el incremento de nitrógeno alcanza aproximadamente 18 g N por planta. Posteriormente disminuye con mayores aplicaciones de nitrógeno.

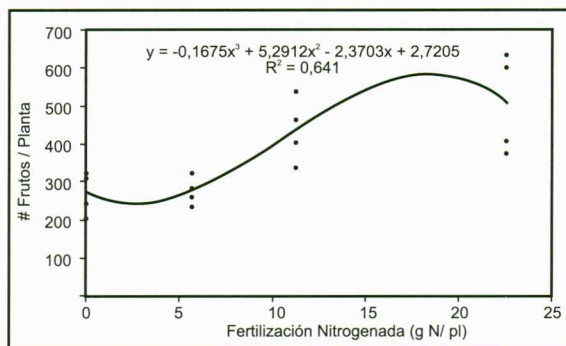


Figura 3.18. Relación entre la fertilización nitrogenada y el número de frutos de arándanos, cultivados en sustrato suelo – aserrín, primera cosecha.

En la Figura 3.19 se aprecia la relación entre dosis de nitrógeno y producción de fruta por planta. El ajuste para un modelo polinomial alcanza un R^2 de 0,39. Es decir, la fertilización nitrogenada explica en un 39% las variaciones de producción de fruta por planta. Al establecer la relación de N aplicado con la producción de fruta por planta se obtiene la máxima producción de 375 g/ planta con la aplicación de 12 g N/planta. Si este valor se proyecta a 3.333 plantas se alcanza un rendimiento de 1,25 t/ha de fruta y la dosis de nitrógeno para lograr este rendimiento corresponde a 40 kg/ha de N.

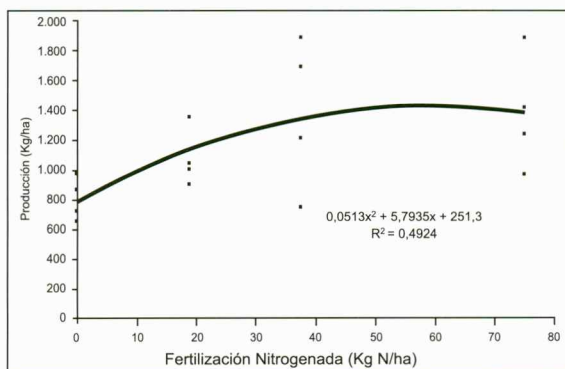


Figura 3.19. Relación entre la fertilización nitrogenada (kg/ha) y producción estimada por hectárea de arándanos cv. O'Neal, cultivados en sustrato aserrín-suelo 2:1, primera cosecha.

Fertilización nitrogenada en arándanos variedad O'Neal, al segundo año de producción

En la Figura 3.20 se aprecia la relación estimada mediante análisis de regresión entre dosis de N y número de frutos por planta. La fertilización nitrogenada explica en un 35% las variaciones del número de frutos por las plantas de arándanos. La relación dosis aplicada y número frutos de la segunda cosecha presenta una respuesta muy semejante a la obtenida en la primera cosecha, alcanzando un máximo de 580 frutos con la aplicación de 18 g/planta, (60 kg N/ha).

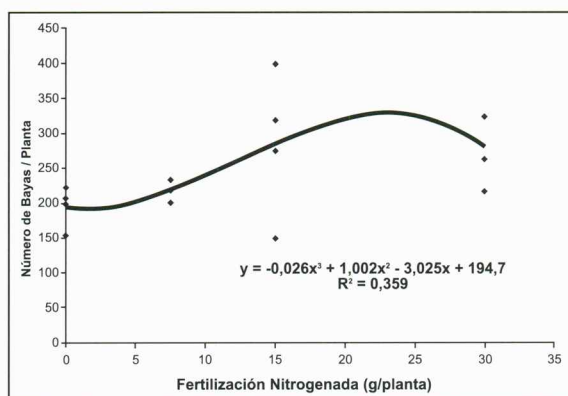


Figura 3.20. Relación entre la fertilización nitrogenada y el número de frutos de arándanos, segunda cosecha, cultivados en sustrato aserrín-suelo cv. O'Neal.

La producción estimada por análisis de regresión al segundo año de cosecha fluctuó entre 250 y 420 g de fruta por planta (Figura 3.21) para los tratamientos sin nitrógeno y de 15 g/planta. La dosis más adecuada corresponde a 53 Kg N/ha (15 g N/planta) y permitió obtener 1.300 kg/ha de fruta, es decir el rendimiento de fruta no aumentó en la segunda temporada de producción.

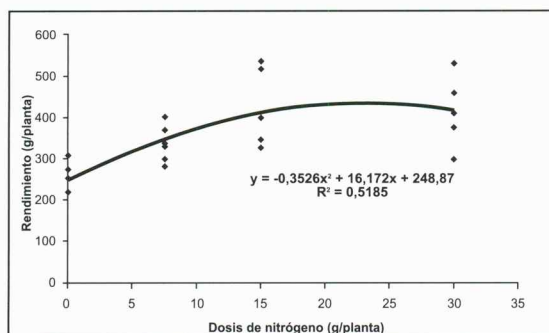


Figura 3.21. Relación entre la fertilización nitrogenada (g/planta) y la producción por hectárea de la segunda temporada de arándanos cv. O'Neal, cultivados en sustrato aserrín-suelo 2:1.



En la Figura 3.22 se presenta la relación entre la biomasa aérea total de la planta de arándano cv. O'Neal, y la dosis de nitrógeno aplicada al final del tercer año de crecimiento. El tratamiento sin nitrógeno presenta algo más de 800 kg/ha de materia seca de biomasa; al aplicar 50 kg/ha de nitrógeno, la biomasa se incrementa hasta alcanzar los 1.300 kg/ha de materia seca.

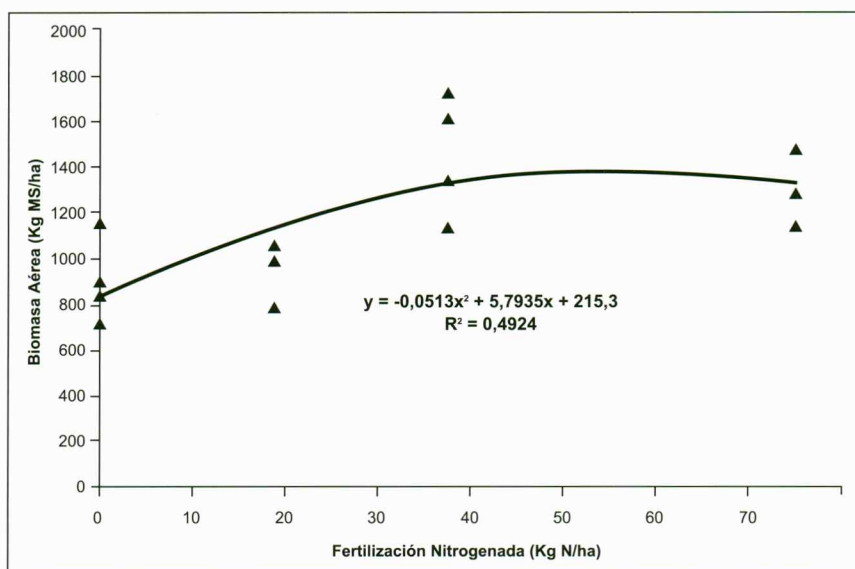


Figura 3.22. Efecto de la fertilización con nitrógeno, sobre la producción total de biomasa aérea (kg materia seca/ha) en arándano cv. O'Neal, al final del tercer año de crecimiento.

Concentración de nutrientes en plantas de arándanos cv. O'Neal, fertilizadas con distintas dosis de nitrógeno.

En el Cuadro 3.6 se muestra la concentración foliar de nutrientes en plantas de arándanos O'Neal fertilizadas con distintas dosis de nitrógeno. Los contenidos de nitrógeno son muy similares en todos los tratamientos estudiados, lográndose pequeños incrementos al adicionar nitrógeno hasta 60 kg/ha. El fósforo presenta niveles marginales, los contenidos de manganeso son muy altos variando entre 239 y 448 ppm, mostrando una clara tendencia a incrementarse al aumentar la dosis de nitrógeno. Los contenidos de cobre son adecuados y los de hierro altos. La absorción de sodio es baja. Todas las concentraciones de los elementos están dentro del rango óptimo, excepto el Mn.

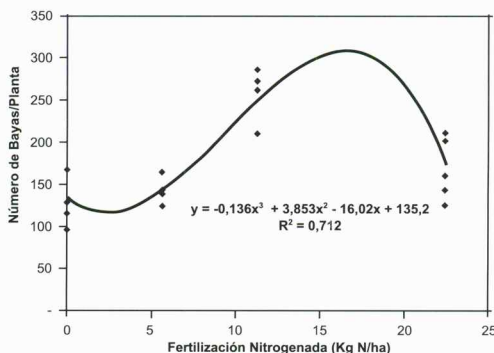
Cuadro 3.6. Concentración foliar de los principales elementos para var. O'Neal en el segundo año de establecimiento.

Dosis	N	P	Mn	Cu	Fe	Na
kg N/ha	%		ppm			%
0	1,96 b	0,08 a	239 b	8 a	202 a	0,01 a
15	2,00 b	0,08 a	302 b	8 a	221 a	0,01 a
30	2,14 ab	0,08 a	332 b	9 a	183 a	0,01 a
60	2,28 a	0,15 a	448 a	10 a	193 a	0,03 a
C.V %	0,068	0,044	24,97	17,40	14,54	0,01
Pr>F	0,0087	0,422	0,0063	0,1167	0,1912	<,0001

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan ($P < 0,05$).
C.V. Coeficiente de variación

3.5.2.3 Fertilización nitrogenada en cv. Misty en mezcla sustrato aserrín: suelo 2:1 v/v

Al estudiar el número de frutos por planta de la primera cosecha y su relación con la dosis de nitrógeno (Figura 3.23), a nivel de campo y en la condición agroclimática de Vicuña, éste se incrementó a medida que se aplicaron dosis más altas de nitrógeno, desde 120 hasta 300 frutos por planta, aproximadamente. Esta respuesta fue similar a lo observado en el cv. O'Neal. La fertilización nitrogenada explicó en un 71% las variaciones del número de frutos.



Significancia del modelo: $< 0,001$ C.V. % 18,16

Figura 3.23. Relación entre dosis de N (Kg/ha) y número de frutos por planta, primera cosecha, cv. Misty.



Al considerar la relación entre dosis de nitrógeno y producción de fruta por planta (Figura 3.24), el ajuste para un modelo polinomial alcanzó un R^2 de 0,72, es decir, la fertilización nitrogenada explica en un 72% las variaciones de producción de fruta por planta. Asumiendo que la dosis que logra el máximo rendimiento corresponde a 17 g N/planta se obtiene un rendimiento estimado de 300 g de fruta por planta. Si este valor se proyecta a 3.333 plantas se alcanza un rendimiento de 1,0 t/ha de fruta y la dosis de nitrógeno para lograr este rendimiento corresponde a 57 kg de N por ha.

Dosis mayores a 60 kg/ha de nitrógeno producen un efecto negativo sobre el rendimiento, esto se puede explicar por el efecto de salinización del suelo producido por la fertilización nitrogenada.

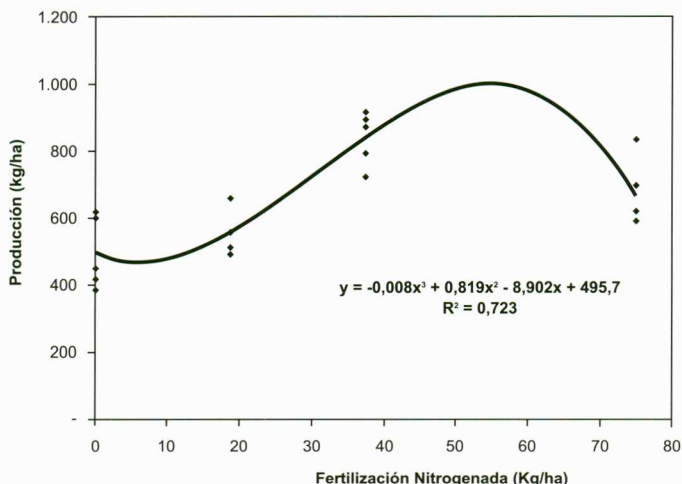


Figura 3.24. Relación entre fertilización nitrogenada (kg/ha) y producción de fruta por hectárea, primera cosecha cv. Misty.

La relación entre dosis de N y la absorción foliar, permite alcanzar un coeficiente de determinación del 0,57 es decir la fertilización nitrogenada explica en un 57% las variaciones en los niveles de absorción de nitrógeno alcanzadas por las plantas (Figura 3.25). Según el modelo, la dosis máxima corresponde a 17 g de nitrógeno por planta, lo que permite alcanzar la máxima concentración de nitrógeno de 2,05% en la hoja.

Al igual que los parámetros de producción de fruta y número de frutos, dosis mayores a 60 kg de nitrógeno por ha producen un efecto negativo sobre la concentración de nitrógeno en el tejido de las plantas (Wilber y Williamson, 2008). Estos datos son congruentes con lo señalado por la literatura en el sentido que concentraciones mayores de 2% en las hojas no son recomendables en arándano.

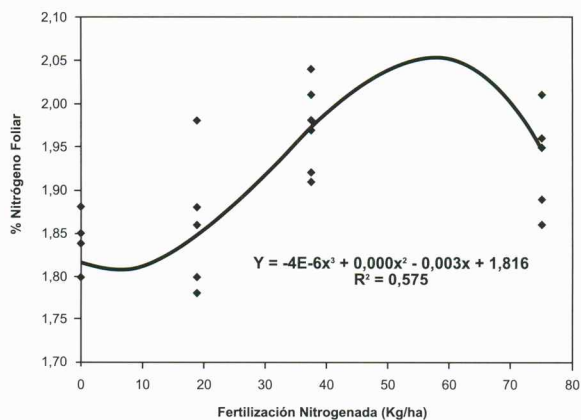


Figura 3.25. Relación entre dosis de N (Kg/ha) y concentración de nitrógeno foliar, cv. Misty.

En la Figura 3.26 se presenta la relación entre dosis de nitrógeno y rendimiento de fruta, en cv. Misty, considerando el sustrato aserrín-suelo 2:1. La dosis más recomendable para producción total es de 17 g/planta es decir 57 kg N/ha. Para esta dosis, el rendimiento esperado es de 1.406 kg/ha de fruta, al considerar una densidad de plantación de 3.333 plantas por ha.

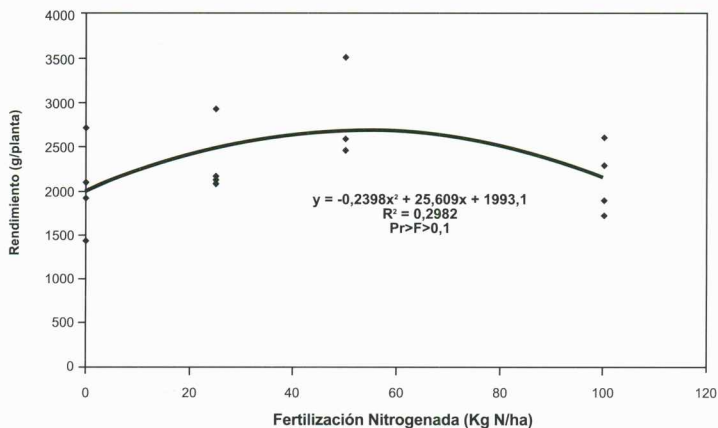


Figura 3.26. Relación entre fertilización nitrogenada y producción de fruta (g/planta), mezcla aserrín-suelo (2:1) en cv. Misty, segunda cosecha.

Concentración de nutrientes en plantas de arándanos cv. Misty, fertilizantes con distintas dosis de nitrógeno.

En el Cuadro 3.7 se presenta la concentración de algunos nutrientes en el cultivar Misty. Los niveles foliares de nitrógeno se incrementaron significativamente al aplicar

más de 30 kg de N /ha, igual tendencia presentó el manganeso. En general, los niveles de los distintos nutrientes presentan la misma tendencia que en el caso de O´Neal.

Cuadro 3.7. Contenido foliar de nutrientes en plantas manejadas con distintas dosis de nitrógeno, cultivar Misty, en sustrato aserrín, INIA-VICUÑA.

Dosis	N	P	Mn	Cu	Fe	Na
kg N/ha	%		ppm			%
0	1,82 b	0,087 ab	123 b	7 a	198 a	0,007 b
15	1,85 b	0,080 b	125 b	6 b	186 a	0,0022 b
30	1,97 a	0,090 a	206 a	7 a	201 a	0,034 b
60	1,95 a	0,095 a	241 a	7 a	190 a	0,197 a
Pr>F	0,0026	0,0352	0,0028	0,0034	0,1387	0,0453
C.V %	0,030	0,0038	28,76	6,123	5,904	0,057

Promedios con letras iguales no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan (P< 0,05). C.V. Coeficiente de variación

3.5.3 Respuesta al nitrógeno bajo las condiciones de sustrato aserrín suelo

3.5.3.1 Cultivar O´Neal

En el Cuadro 3.8 se presenta un resumen de la respuesta al nitrógeno del cv. O´Neal en tres temporadas de estudio, las dosis de nitrógeno más adecuadas y el rendimiento de fruta real logrado en el primer y segundo año de producción. En general las dosis de nitrógeno determinadas son bajas comparadas con otras especies frutales, esto se explica porque en los primeros años, las plantas de arándanos generan una reducida biomasa. Las características del sustrato y el manejo del riego determinan en gran medida la expresión vegetativa de las plantas y en consecuencia la demanda por nutrientes, especialmente de nitrógeno.

La producción medida en el primer año con O´Neal alcanzó los 1.250 kg/ha de fruta, y la relación entre kg de fruta por kg de N aplicado alcanzó a 31,3. El nivel foliar de nitrógeno alcanzado en la primera temporada por las plantas fue 1,75%, éste debe considerarse como adecuado. En el segundo año, la producción alcanzó a 1.300 kg/ha de fruta, mientras que la relación entre fruta producida por kg de nitrógeno aplicado disminuyó a 24,5. Esto sugiere una menor eficiencia de la variedad O´Neal en la segunda temporada de producción.

Cuadro 3.8. Dosis de nitrógeno, producción de fruta, relación kg de fruta y kg de nitrógeno aplicado y concentración de nitrógeno foliar en plantas cv. O´Neal.

Año	Dosis de Nitrógeno	Producción de Fruta	kg fruta/kg N	N foliar
	kg/ha			%
1	50	0	-	1,75
2	40	1.250	31,3	1,80
3	53	1.300	24,5	-

Nota: Dosis de años 2 y 3 no incluyen fertilización de post-cosecha

3.5.3.2 Cultivar Misty

En el Cuadro 3.9 se presenta un resumen de la respuesta al nitrógeno del cv. Misty en tres temporadas de estudio, la dosis de nitrógeno más adecuada y los rendimientos de fruta reales alcanzados en el primer y segundo año de producción. En general las dosis de nitrógeno determinadas son bajas, esto se explica porque en los primeros años, las plantas de arándanos generan una escasa biomasa. La producción al primer año del cv. Misty alcanzó los 1.000 kg/ha de fruta, y la relación entre kg de fruta por kg de N aplicado, alcanzó a 17,54. El nivel foliar alcanzado por las plantas fue 2,0%, contenido ligeramente alto. En el segundo año, la producción se incrementó a 2.666 kg/ha de fruta, mientras que la relación entre fruta producida por kg de nitrógeno aplicado se incrementó hasta 53,3 kg fruta por kg de N aplicado. En esta segunda temporada de cosecha, se aprecia que Misty es bastante más eficiente en transformar el nitrógeno en fruta, bajo las condiciones de Vicuña.

Cuadro 3.9. Dosis de nitrógeno, producción de fruta, relación kg de fruta por kg de nitrógeno aplicado y concentración de nitrógeno foliar en plantas de cv. Misty.

Año	Dosis de Nitrógeno	Producción de Fruta	Kg Fruta/kg. N	N foliar
	kg/ha			%
1	50	0	-	1,79
2	57	1.000	17,54	2,00
3	50	2.666	53,3	-

Nota: dosis de años 2 y 3 no incluyen fertilización de post-cosecha



De acuerdo a la información obtenida, en el Cuadro 3.10 se presenta la recomendación de macronutrientes para arándanos. Estas dosis deben aplicarse, siempre que se haga un buen manejo del riego, en plantación realizada en sustrato aserrín-suelo 2:1 y acidificando el agua de riego a pH menor de 5,0.

Cuadro 3.10. Dosis de macronutrientes recomendados según edad de la plantación.

Año	Nitrógeno	Fósforo P ₂ O ₅	Potasio K ₂ O
kg/ha			
1	50	30	0
2	60	40	30
3	70	45	50
4	90	45	65

Nota: Incluye fertilización pre y post cosecha

En el Cuadro 3.11 se presentan dosis sugeridas de micronutrientes zinc, hierro y cobre.

Cuadro 3.11. Dosis de hierro, zinc y cobre recomendados para plantas en los primeros tres años de crecimiento.

Elemento	mg/planta	Total temporada mg/planta	kg/ha*	Fuente	kg/ha producto
Zinc	8	400	1,33	ZnSO ₄	5,8
Hierro	6	300	1,0	Ferrosol	16,6
Cobre	3	150	0,5	CuSO ₄	1,25

Nota: considera aplicar todos los años igual dosis.

**Considera 3.333 plantas por ha*

3.5.4 Fuentes de fertilizantes a usar en arándanos creciendo en suelo-sustratos del norte chico

3.5.4.1 Fuentes de Nitrógeno

Es ampliamente reconocido que el arándano es una especie que prefiere la fuente nitrogenada amoniacal, debido a que es una especie que presenta muy bajos niveles de nitrato reductasa, por lo tanto, no puede reducir el nitrógeno nítrico



absorbido (Poonnachit y Darnell, 2004). Por lo tanto, se debe preferir fuentes amoniacales como sulfato de amonio y urea, evitando el uso de nitrógeno nítrico, por otra parte la urea presenta la ventaja que saliniza menos el sustrato-suelo. Sin embargo, las variedades más modernas presentan esta enzima, lo que favorece la metabolización de ambas fuentes nitrogenadas (Tamada, 2004; Merhaut y Darnell, 1995). En ensayo realizado con el cv. Misty en macetas en sustrato 3:1 aserrín suelo y regadas con agua a pH 6,0 evaluando el efecto de tres fuentes de nitrógeno se observó una clara respuesta al nitrógeno (160 mg de N por maceta por riego). La urea presentó un significativo menor efecto sobre el crecimiento de brotes, mientras que sulfato de amonio y sulfato de amonio+DMPP (3,4-dimetilpirazol fosfato), inhibidor de nitrificación, presentaron un mejor comportamiento. Cabe señalar, que durante el experimento el pH del sustrato fue significativamente menor en el caso del sulfato de amonio, alcanzando valores cercanos a 5,0 y la conductividad eléctrica, fue ligeramente superior a 2,5 dS/m ambos medidos en lisímetro de succión. Este nivel salino moderadamente alto medido en sonda de succión, se explica por el aporte de nitrógeno. Cabe destacar que la urea acidificó bastante menos el sustrato-suelo y a su vez incrementó menos la salinidad. Esto sugiere un claro efecto positivo del pH sobre el mayor crecimiento de los brotes de las plantas. La fertilización amoniacal, aportada por el sulfato de amonio, mejoró el crecimiento de los brotes, debido al mejor aprovechamiento directo del amonio absorbido y al bajo pH generado en el sustrato suelo; el cual favorece la disponibilidad de fósforo, y de micronutrientes, tales como Fe, Zn y Mn, lo que promueve un equilibrio nutricional interno, más adecuado para el crecimiento del arándano.

3.5.4.2 Influencia de la fuente nitrogenada sobre el crecimiento vegetativo

En relación al efecto fuente nitrogenada, en el Cuadro 3.12 se muestra su efecto sobre el largo total de brotes medido en Vicuña, en ensayo realizado en macetas. Se aprecia un claro efecto del nitrógeno y las mejores fuentes corresponden a sulfato de amonio y sulfato de amonio+DMPP.

Cuadro 3.12. Efecto de tres fuentes de nitrógeno sobre el longitud total de brotes, cv. Misty en macetas.

Fuente de N	Longitud total de brotes por planta (cm)
Sin Nitrógeno (testigo)	84 c
Urea	549 b
Sulfato Amonio	776 a
Sulfato de Amonio+DMPP	831 a

Columnas con letras iguales no son estadísticamente diferentes, según prueba de Duncan ($P < 0,05$).



Por otra parte, en la Figura 3.27 se puede observar el número de brotes por rango de longitud y las distintas fuentes de amonio. El Sulfato de Amonio + DMPP, favorece el desarrollo de un mayor número de brotes de longitud óptima para la fructificación. Este efecto diferencial de las fuentes a base de sulfato de amonio, se explican por el bajo pH generado por estas fuentes nitrogenadas.

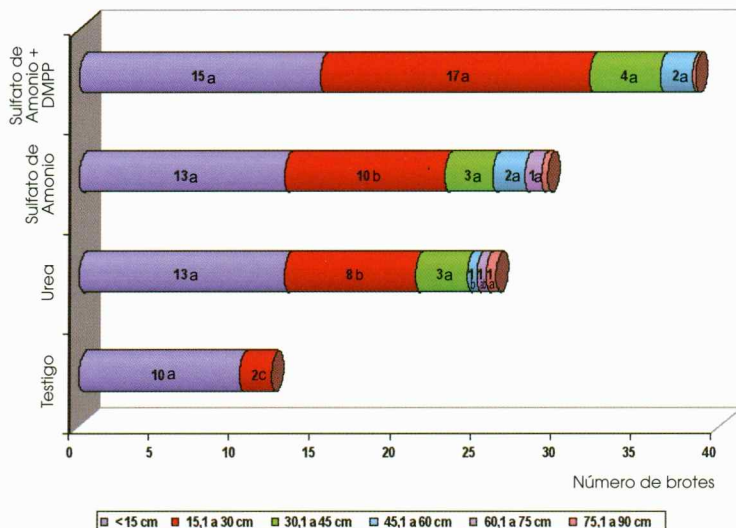
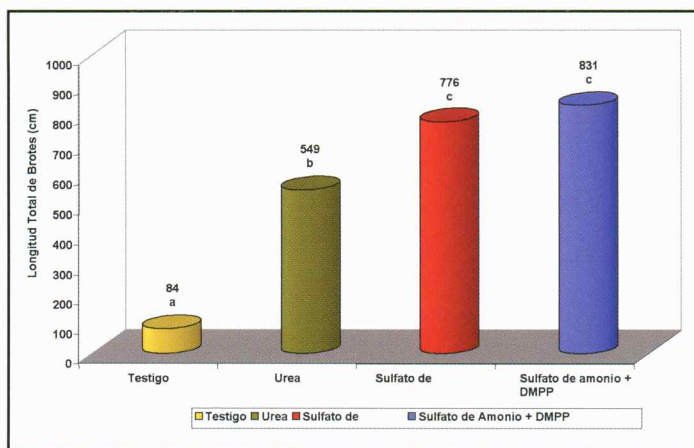


Figura 3.27. Número de brotes por categorías según longitud de brotes (cm) medidos al final de temporada, en arándanos cv. Misty.

En la Figura 3.28 se presenta la longitud total de brotes obtenida al final de la temporada de crecimiento según distintas fuentes de nitrógeno en el cv. Misty, un año después de aplicar los tratamientos. Se observa un claro efecto del nitrógeno y, la urea determina una menor longitud de brotes, mientras que el sulfato de amonio y sulfato de amonio+DMPP presentan la mayor longitud de brotes. Este efecto se explica por la menor acidificación producida por la urea respecto del sulfato de amonio.

Desde el punto de vista de concentración foliar de nutrientes, es importante destacar que, Sulfato de Amonio +DMPP, determinó la más baja concentración de potasio (media de 0,6 %) a nivel foliar, de todas las fuentes nitrogenadas y presentó valores de Manganeso (media de 517 ppm), por sobre el rango considerado normal.



Letras distintas indican diferencias significativas, Duncan ($p < 0.05$)

Figura 3.28. Medición final de longitud total de brotes (cm), según distintas fuentes de nitrógeno en arándano cv. Misty medido en Marzo de 2009.

Evolución del pH y Conductividad Eléctrica medida en lisímetro de succión y según método 5:1

La estimación del pH y la conductividad eléctrica de la solución sustrato se realizó mediante lisímetros de succión y el método 5:1 (Sadzawka, 1990).

Los lisímetros de succión consisten en tubos plásticos que en su extremo inferior presentan una cápsula de porcelana porosa, al hacer vacío mediante una bomba extractora de aire, se logra que la solución suelo ingrese al tubo a través de la porcelana porosa. En esta solución suelo, mediante un pHmetro y un conductímetro se mide el pH y la concentración salina respectivamente. En la Figura 3.29 se muestra la evolución del pH de la solución sustrato extraída por los lisímetros de succión, el tratamiento con sulfato de amonio y sulfato de amonio+DMPP presentaron el pH más bajo (pH 5,18), el cual fue estadísticamente igual a sulfato de amonio +DMPP (pH 5,21), mientras que la urea y el testigo presentaron valores de pH superiores a 6,0. La evolución de la CE medida en sonda, se puede apreciar en la Figura 3.30. El tratamiento con sulfato de amonio presentó una CE de 2,95 dS/m, siendo diferente estadísticamente a sulfato de amonio +DMPP que obtuvo una CE de 2,29 dS/m, en la última medición realizada; estas dos fuentes generaron la mayor salinidad en el sustrato-suelo. El testigo y la urea modificaron ligeramente la salinidad de la solución suelo.

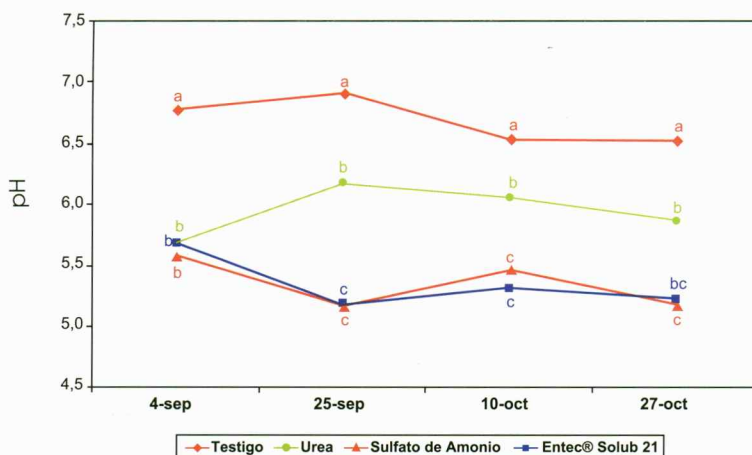


Figura 3.29. Evolución del pH medido en lisímetro de succión, según distintas fuentes de nitrógeno aplicado, en cv. Misty.

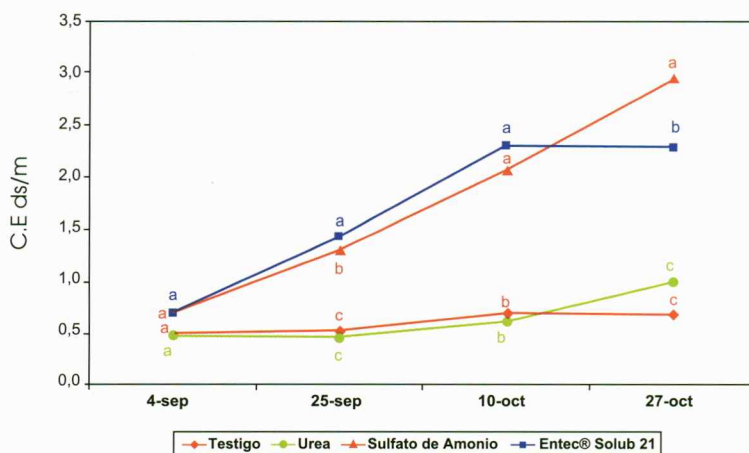


Figura 3.30. Evolución de la C.E. (dS/m) medida en lisímetro de succión, según tres fuentes nitrogenadas, en cv. Misty.

El método 5:1 consiste en preparar una solución agua-suelo, en la siguiente relación: 150 ml de agua y 30 g de suelo seco, esta mezcla se agita por 30 minutos y luego se filtra, en este líquido se mide la conductividad eléctrica y el pH (Sadzawka, 1990). Los valores de salinidad detectados por este método son muy inferiores a



los detectados por el método de pasta saturada, unas 5 veces menos. En la Figura 3.31, se puede apreciar la evolución del pH, medido por este método. Como se puede apreciar, Sulfato de Amonio y Sulfato de Amonio +DMPP, generan mayor acidez en el sustrato.

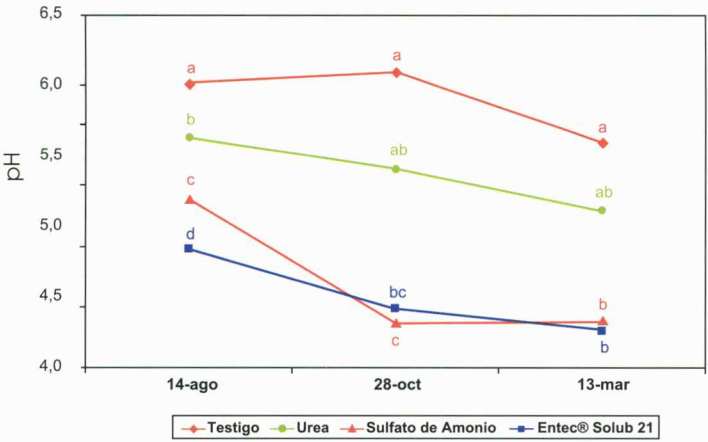


Figura 3.31. Evolución del pH medido por método 5:1, según cuatro tratamientos de nitrógeno aplicado en arándanos cv. Misty.

En la Figura 3.32, se muestra la evolución de la conductividad eléctrica medida por método 5:1. Como se puede apreciar las fuentes nitrogenadas Sulfato de Amonio y Sulfato de Amonio +DMPP, generan una mayor salinidad que urea y el tratamiento testigo.

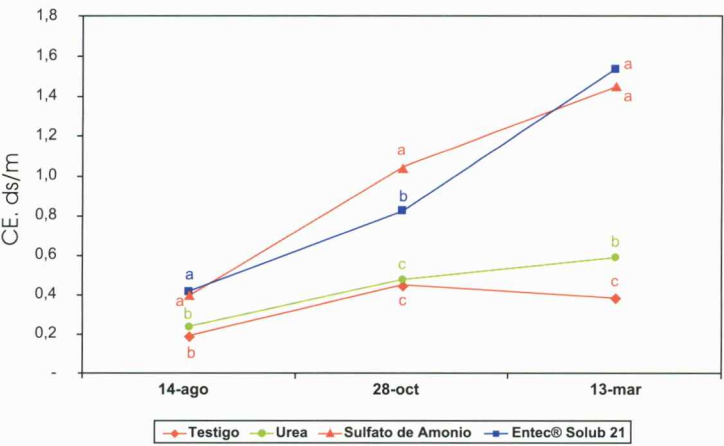


Figura 3.32. Evolución de la C.E. (ds/m) del sustrato, medida por método 5:1, según diferentes tratamientos de fuente nitrogenada en arándanos cv. Misty.



Al comparar el efecto acidificante del sulfato de amonio, el método 5:1 determinó un valor de pH una unidad menor, aproximadamente que el método del lisímetro de succión, pero ambos métodos discriminaron de igual forma el efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas en el sustrato. El tratamiento sin nitrógeno, según ambos métodos presentó diferencias cercanas a una unidad de pH en el rango superior.

3.5.4.3 Recomendación de fuentes fertilizantes para otros nutrientes

Fósforo.- En relación al fósforo, se recomienda aplicar ácido fosfórico y/o fosfato monoamónico. Un litro de ácido fosfórico 85 peso/volumen, equivale a una (1) unidad de P_2O_5 . El primero no es un buen ácido para lavar equipos de riego, se debe preferir el ácido sulfúrico, que además se debe usar para acidificar el agua de riego.

Potasio.- Sulfato de potasio soluble y Thiosulfato de potasio, son las fuentes de potasio más recomendables. Este último presenta una reacción ácida, que favorece su absorción por el sistema radicular de la planta.

Hierro.- Se sugiere aplicar hierro quelatado, como EDTA-Fe o EDDHA-Fe, éste último más estable a pH mayor de 7,8 normalmente de alto costo, pero también es posible usar sulfato de hierro, en el caso de regar con agua acidificada. Al regar con agua a pH 4 no es necesario aplicar hierro, pues éste se libera desde el suelo.

Zinc y Cobre.- Se pueden aplicar como sulfatos, siempre que se riegue con agua acidificada, en caso contrario deberían aplicarse como quelatos.

3.5.5 Épocas de fertilización de los arándanos

En arándanos así como en la mayoría de los frutales, se pueden distinguir claramente dos épocas de fertilización que están relacionadas con la fenología y fisiología de la planta.

Fertilización en la estación de crecimiento de primavera

En esta época se distinguen dos etapas, crecimiento vegetativo y reproductivo. En la primera etapa vegetativa, iniciar fertirrigación con brotes de 5 cm, este crecimiento inicial se produce por efecto de las reservas de planta, que han sido acumuladas a través de la fertilización de post-cosecha. Se debe mantener fertirrigación con nitrógeno, fósforo, en huertos en producción, potasio en dosis baja, zinc, hierro principalmente hasta inicios de cosecha. Durante el período de cosecha la aplicación excesiva de nitrógeno promoverá la producción de fruta blanda, de mala condición. La fertilización con fósforo debe mantenerse en dosis bajas y de manera continua, desde crecimiento de brote hasta postcosecha. La fertilización con potasio debe iniciarse temprano con dosis bajas, para incrementarse



especialmente con fruto en crecimiento. En plantaciones de crecimiento temprano, de fines de Julio y Agosto se debe incorporar además magnesio, hierro y zinc.

Fertilización de post-cosecha

Dos semanas después de terminada la cosecha se debe reiniciar la fertilización, con N-P-K y Zn. La fertilización de post cosecha debe hacerse desde Noviembre a Enero, evitar extenderse hacia Febrero, ya que contribuirá a incrementar la floración en época muy temprana en otoño. Las dosis no deben representar más del 30% de la fertilización total. Considerar principalmente N y P, ambos nutrientes en equilibrio promueven una adecuada diferenciación de yemas. Utilizar el resultado del análisis foliar realizado durante la cosecha para corregir otro nutriente deficitario.

3.5.6 Forma de aplicar la fertilización a los arándanos

Primero que nada se debe definir la dosis total de nutriente a aplicar en la etapa de crecimiento y hasta el inicio de cosecha. Esta dosis estará determinada por la edad del huerto.

Luego se debe establecer cuantos días a la semana se fertirrigará, de esta forma se divide la dosis de nitrógeno por el número de días a regar y así se estima la cantidad diaria o semanal de nitrógeno por riego a aplicar.

Se sugiere fertirrigar continuamente, a mayor frecuencia de fertirrigación, mejora la eficiencia de recuperación de los nutrientes aplicados. Las dosis por riego en el caso del nitrógeno pueden ser tan bajas como 160 hasta 400 mg N/planta/riego, esto significa aplicar entre 0,5 y 1,3 kg de N/riego/ha.

Normalmente al inicio de la estación se riega poco debido a la baja demanda de la planta. Esto puede afectar de modo importante la dosis total de N que se aplique afectando el crecimiento vegetativo de la planta. En este caso, se debe incrementar la dosis aplicada por riego.

Es posible aplicar dosis moderadamente altas al inicio del crecimiento debido a que el efecto salino del nitrógeno es poco perjudicial en esta época fría. Por el contrario, en la época más cálida de mediados de Octubre y Noviembre es menos recomendable aplicar dosis altas de nitrógeno, especialmente con frutos en pinta porque puede afectar calidad de fruta. En esta etapa la planta presenta una gran transpiración lo que promueve una intensa absorción de nutrientes especialmente de nitrógeno si el suministro de éste es alto.

Ejemplo de fertirrigación; si la dosis definida en un huerto de segundo año, es de 60 kg/ha de N y se pretende iniciar la fertilización en Agosto con brotes de 4 a 5 cm y hasta inicios de cosecha estimada el 5 de Octubre entonces los 60 kg de N se deberían aplicar en 9 semanas. Asumiendo que se fertirrigará 6 veces por



semana esto significa 54 posibles aplicaciones. Para un huerto con 3.333 plantas/ha se debería aplicar 334 mg N/planta por riego. Esto significa aplicar 6,6 unidades de N por semana. En caso que no sea posible regar por baja demanda hídrica, se podría incrementar la dosis hasta 10 unidades de N por semana, esto significa aplicar 500 mg /planta /riego. El mismo criterio debe considerarse para el caso del fósforo y en este caso, la dosis puede mantenerse constante durante todo el período de crecimiento de la planta incluido post-cosecha. Este elemento es importante en la diferenciación de yemas, por lo tanto no sólo es importante en cantidad, sino el equilibrio que debe mantener con el nitrógeno. Se sugiere mantener aplicaciones continuas de 0,2 cc de ácido fosfórico por planta por riego. En 60 riegos y asumiendo un marco de plantación de 3 m x 1 m, se aplicarían 40 unidades de P_2O_5 . Esto significa aplicar 64 kg/ha de fosfato monoamónico.

En el caso del potasio, se debe iniciar su aplicación en dosis bajas en crecimiento de brotes, e incrementar la dosis después de cuajada la fruta, para favorecer el crecimiento de éste. Aplicar en dosis de 0,25 g/planta/riego de K_2O , es decir 0,5 g/planta/riego de sulfato de potasio, en 50 riegos se aplicarían 41 kg/ha de K_2O .

Es fundamental acidificar el agua de riego a niveles de pH 4 en gotero, esto mejora notablemente la eficiencia de absorción de nutrientes por las raíces de la planta de arándano, y además favorece el crecimiento radicular. Para lograr este objetivo, se debe contar con el equipo de inyección adecuado, para evitar dañar el equipo de riego. En relación a la conductividad eléctrica, ésta puede alcanzar hasta 2,5 dS/m medida en sonda, sin producir mayor toxicidad visual en las plantas, siempre que corresponda a salinidad no generada por cloruro de sodio.

3.5.7 Diagnóstico de la fertilidad del suelo y del estado nutricional del huerto

3.5.7.1 Análisis químico de Suelo

En el caso que se utilice el suelo, en la mezcla, la fertilidad de éste y/o sustrato se puede evaluar previo a la plantación, mediante análisis químico y además considerando su manejo anterior. Por ejemplo, si se establece el huerto en un suelo manejado previamente con alfalfa o una rotación de cultivos bien fertilizada es muy probable que las dosis a aplicar en la primera temporada sean bajas.

Se ha demostrado que el mayor error de un análisis de suelo se debe a un mal muestreo. Esto se debe a la gran variabilidad natural de la fertilidad de los suelos, o de la mezcla suelo-sustrato incrementada en muchos casos por el manejo de fertilizantes en forma localizada, lo que puede determinar áreas de sustrato-suelo con altos niveles de nutrientes disponibles, en relación a otras áreas con niveles bajos de fertilidad. Se recomienda coleccionar varias submuestras, con un número mínimo de 25 de igual volumen, ya sea mediante pala o barreno de fertilidad, este último es más recomendado. Para huertos en producción se recomienda muestrear a 25 cm de profundidad. El área máxima de muestreo no debe superar las 5 ha y se deben muestrear por separado las áreas de



suelo que son diferentes o que presenten un diferente manejo anterior. Las muestras deben conservarse en bolsas plásticas limpias, cuando el suelo esté muy húmedo se recomienda usar doble bolsa plástica e identificar la muestra con un papel colocado entre ambas bolsas. Las muestras se deben mantener en lugares frescos y fríos, de preferencia a la sombra. No se recomienda guardar las muestras por más de dos días, en caso contrario se deben refrigerar (no congelar).

Se debe solicitar un análisis completo de fertilidad que incluya calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo, micronutrientes y además pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nitrógeno disponible. En el caso de usar un sustrato orgánico, como aserrín, se deben realizar los mismos análisis.

El análisis de suelo obtenido a partir de un buen muestreo y bien interpretado puede transformarse en una gran ayuda para el extensionista o el agricultor. Sin embargo existen muchos otros factores de manejo que deben optimizarse para lograr un alto rendimiento y una adecuada calidad de fruta cosechada.

Durante el desarrollo del huerto, la dosis a aplicar debe determinarse en terreno observando el vigor de las plantas. La fertilización con fósforo, es recomendable iniciarla tempranamente junto con el nitrógeno para estimular el desarrollo radicular de la planta, igualmente será recomendable incluir potasio para balancear la nutrición de la planta. El apoyo nutricional vía fertilización será muy importante en épocas tempranas de crecimiento como Agosto y Septiembre, en estos meses los suelos presentan una escasa disponibilidad temporal de nutrientes, debido a la baja temperatura a que están expuestos. Los micronutrientes más deficitarios en los suelos de la región son el zinc y el boro, por lo tanto puede ser importante su inclusión en la fórmula de fertilización.

Si se decide fertilizar en el momento de la plantación, evitar el contacto directo de estos con las raíces, especialmente de nitrógeno y potasio. Estos en alta concentración, incrementan de manera importante la salinidad del suelo, afectando el crecimiento e incluso pueden necrosar las hojas de las plantas, esto es más probable que ocurra en los meses de más calor.

3.5.7.2 Análisis Foliar

Para plantaciones en producción, el análisis foliar es una herramienta importante de considerar, pues ayuda significativamente en la toma de decisiones en cuanto a qué dosis y nutrientes se deben aplicar, las muestras de hojas se deben colectar a mediados del período de cosecha.

La ventaja del análisis foliar es que permite conocer el estado nutricional de la planta, mientras que el análisis de suelo permite estimar el contenido de nutrientes disponibles para las raíces de la planta. Sin embargo, pueden existir múltiples factores que afecten la absorción de estos nutrientes disponibles como el tipo de sustrato, la presencia de nemátodos u otros patógenos que pueden afectar el

sistema radicular. También un déficit hídrico en el suelo, puede afectar la absorción de nutrientes o una disminución de la temperatura ambiental. Sin embargo, una desventaja del análisis foliar es que el diagnóstico se realiza tardíamente lo que dificulta su posible corrección, por ejemplo el fósforo, potasio, calcio y en gran medida el nitrógeno. Sin embargo, es posible corregir deficiencias mediante la fertilización de poscosecha.

Se deben coleccionar por lo menos 80 hojas maduras, desde la parte media de brotes productivos durante el período de cosecha, de cuarteles homogéneos en cuanto a suelo y variedad. Se deben guardar en bolsas de papel con agujeros, para facilitar la desecación del material vegetal. Si se mantienen durante 24 hr en el predio guardar en refrigerador a 4 °C. En el Cuadro 3.13 se señalan los estándares de diagnóstico para hojas de arándanos, publicados por Eck (1988). Es importante señalar que a la fecha no existen estándares específicos para las variedades sureñas (SHB), por lo que estos se deben tomar sólo como referencias. Al igual la información entregada en el punto 3.5.1.1 puede ser usado para las variedades del estudio en las condiciones del norte chico.

Si bien es cierto, el análisis foliar puede ser una técnica de diagnóstico tardía, sin embargo al fruticultor le puede ayudar a mejorar su fertilización en la temporada siguiente, finalmente se puede señalar que ambas técnicas, el análisis de suelo y el análisis foliar, deben considerarse complementarias.

Cuadro 3.13. Estándar Foliar de macro y micronutrientes para arándanos alto

Elemento	Deficiencia	Mínimo	Máximo	Exceso
Nitrógeno %	1,7	1,8	2,1	2,50
Fósforo %	0,10	0,12	0,40	0,80
Potasio %	0,30	0,35	0,65	0,95
Calcio %	0,13	0,40	0,80	1,00
Magnesio %	0,08	0,12	0,25	0,45
Manganeso ppm	23	50	350	450
Hierro ppm	60	60	200	400
Zinc ppm	<8	8	30	80
Boro ppm	20	30	70	200

Fuente: Doughty et al. 1981; Ballinger et al., 1958, citado por Cough, 1994

3.5.7.3 Fertilizantes

Los fertilizantes son sales que contienen uno o más nutrientes y pueden ser de origen orgánico o inorgánico, pueden ser muy solubles o muy insolubles. Normalmente presentan una gran elaboración industrial y en muchos casos corresponden a productos de síntesis de la industria petroquímica. Por esta razón, se caracterizan por su gran pureza y alta concentración de nutrientes, caso del fosfato diamónico, sin embargo estos fertilizantes debido a su gran pureza no aportan nutrientes adicionales como es el caso de aquellos que presentan menos elaboración.

Todos los fertilizantes generan un cierto grado de salinidad. En el Cuadro 3.14 se presenta el índice de salinidad tomando como base el salitre sódico. En general los fertilizantes de mayor índice salino son los nitrogenados, seguido de los potásicos; los fertilizantes con menor índice de salinidad son los fosfatados.

Cuadro 3.14. Índice de Salinidad de algunos Fertilizantes (Base Salitre sódico = 100)

Nitrogenados	%
Nitrato de Amonio	105
Sulfato de Amonio	69
Nitrato de Calcio	65
Salitre Sódico	100
Urea	75
Salitre Potásico	92
FOSFATADOS	
Super Fosfato Triple	10
Fosfato Monoamónico	30
Fosfato Diamónico	34
POTÁSICOS	
Cloruro de Potasio	116
Nitrato de Potasio	74
Sulfato de Potasio	46
Sulfato de Potasio y Magnesio	43
Fosfato Monopotásico	8
OTROS	
Óxido de Magnesio	2
Yeso Agrícola	8
Sulfato de Magnesio	44

Nota: Índice calculado según igual peso del material.



En el Cuadro 3.15 se muestran los principales fertilizantes solubles recomendados para el cultivo del arándano, entre los nitrogenados destaca el sulfato de amonio.

Cuadro 3.15. Principales fertilizantes solubles recomendados para el cultivo del arándano

Fertilizantes	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	MgO	B	Zn	Fe
Nitrogenados								
Urea	45	-	-	-	-	-	-	-
Sulfato de amonio	21	-	-	8	-	-	-	-
Sulfato de amonio+ DMPP (Entec)	21	-	-	8	-	-	-	-
Nitrato de Amonio	34	-	-	-	-	-	-	-
Fosfatados								
Fosfato Monoamónico	10	62	-	2	-	-	-	-
Acido Fosfórico	-	85	-	-	-	-	-	-
Potásicos								
Sulfato de Potasio	-	-	50	18	-	-	-	-
Thiosulfato de potasio	-	-	25	17	-	-	-	-
Azufrados								
Azufre Denícola	-	-	-	65	-	-	-	-
Azufre Borlando	-	-	-	60	-	-	-	-
Azufre Landia	-	-	-	90	-	-	-	-
Fertilizantes Magnésicos								
Sulfato de magnesio	-	-	-	21	16	-	-	-
Otros								
Ácido Bórico	-	-	-	-	-	17	-	-
Sulfato de zinc 7 H ₂ O	-	-	-	17	-	-	23	-
Ferrosol	-	-	-	-	-	-	-	6

Micronutrientes

Los micronutrientes se pueden presentar como sales de diferentes características. A continuación se analiza cada elemento por separado.

Hierro: Se puede aplicar como sulfato de hierro, en el caso de sustratos con pH menor de 7,0, en suelos o sustratos de pH más alcalino aplicar ETDA-Fe o en caso extremo de pH más alto aplicar EDDHA-Fe. Se puede aplicar vía foliar o al suelo. Es el micronutriente más abundante en el suelo, como elemento total por lo tanto se puede liberar acidificando el suelo a pH menor de 6,0.



- Cobre:** Las sales de sulfato de cobre permiten suministrar este micronutriente, ya sea vía foliar o aplicada al suelo. Es importante destacar que el cobre se inmoviliza de manera intensa en la presencia de altos niveles de materia orgánica, por lo tanto al usar sustratos ricos en carbono se debe considerar su aplicación.
- Zinc:** La forma más económica para aportar zinc es el empleo de sulfato, el cual se puede aplicar al follaje o al suelo. Otra forma de zinc que permanece más disponible es el zinc quelatado, éste se debe aplicar a pH mayor de 7,3 o en suelos con carbonato. Este elemento presenta una baja disponibilidad en muchos suelos del norte chico.
- Boro:** Este micronutriente se puede incorporar al suelo a través del ácido bórico, y también se puede aplicar vía foliar. El boro es un elemento deficitario especialmente en los valles de Limarí y Choapa. En el valle de Elqui los contenidos ligeramente altos, aportados por el agua de riego pueden ser suficientes para los huertos, se debe verificar su estado nutricional mediante análisis de las hojas. Aplicado en floración favorece la cuaja.

3.6 Conclusiones

- Los nutrientes más requeridos por el arándano bajo las condiciones de la región del norte chico son nitrógeno, fósforo, magnesio, zinc y boro.
- Se sugiere iniciar fertilización con 5 a 10 cm de crecimiento de brotes.
- La fertilización de post cosecha no debe extenderse hasta Marzo.
- La fertilización nitrogenada incrementa el número de frutos por planta y la producción total de frutos.
- La fertilización nitrogenada incrementa la absorción de nitrógeno por las plantas de arándanos.
- El sustrato aserrín suelo en relación 2:1 presenta un buen comportamiento.
- En sustrato suelo de reacción mayor de 7,0 acidificar el agua a pH 5,0.
- Se sugiere una fertilización de 50 y 60 kg/ha de N para el primer y segundo año respectivamente.
- En O´Neal en la primera cosecha se alcanzan 1.250 kg/ha de fruta con 40 kg. /ha de N, usando aserrín-suelo 2:1. Mientras que en la segunda cosecha con 53 kgN/ha aplicado se logran 1.300 kg/ha de fruta usando aserrín-suelo 2:1.
- En Misty en la primera cosecha se alcanzan 1.000 kg/ha de fruta con 57 kg. /ha de N, usando aserrín-suelo 2:1. Mientras que en la segunda cosecha con 50 kgN/ha aplicado se logran 2.666 kg/ha de fruta usando aserrín-suelo 2:1.
- La fertilización con Sulfato de Amonio y Sulfato de Amonio + DMPP, estimula el crecimiento (número de brotes y longitud de brotes totales por planta) en arándano cv. Misty, comparado con la urea.
- Sulfato de Amonio y Sulfato de Amonio + DMPP, determinaron una mayor acidez y también una mayor salinidad en el sustrato suelo-aserrín.



- El uso de las distintas fuentes nitrogenadas, no incide sobre la concentración de Nitrógeno foliar en arándanos.
- Sulfato de Amonio y Sulfato de Amonio + DMPP, promovieron una mayor concentración de Fósforo y Manganeso foliar.

3.7 Referencias consultadas

- Barber, S.A. 1995. Soil Nutrient Bioavailability a Mechanistic Approach. John Wiley and Sons, Inc. 414 p.
- Céspedes, R. 1995. Salinidad en la Agricultura I Parte antecedentes generales. Revista Tierra Adentro. N° 5 noviembre-diciembre.46-47.
- Céspedes, R. 1996. Salinidad en la Agricultura II Parte El Diagnóstico. Revista Tierra Adentro. N° 6 enero-febrero.46-49.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science. 284 p.Rutgers University Press. EE.UU.
- Ferreyra, R., J. Peralta, A. Sadzawka, C. Muñoz y J. Valenzuela. 2001. Efecto de la acidificación del sustrato y del agua de riego en la nutrición, desarrollo y producción de arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* Reade). Agricultura Técnica (Chile). 61 (4): 452-458.
- González, J. 2006. Efecto del nitrógeno y otros nutrientes en la nutrición, desarrollo y producción de arándano (*Vaccinium corymbosum*) var. O'Neal, establecidos en maceta. 127 p. Tesis para optar al título Ingeniero Agrónomo.Universidad de La Serena.Ovalle. Chile.
- Gratan, S.R. and C. M. Grieg. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops Elsevier Horticulturae 78: 127-157. UCLA Davis Riverside.
- Honorato, R. 1993. Manual de Edafología. 196 p.Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- Korcak, R. 1988. Nutrition of Blueberry and other Calcifuges. p.199-201. Fruit Laboratory Agricultural Research Service.U.S. Departament of Agriculture, Agricultural Research. Center, Beltsville, Maryland 20705.
- Merhaut, D.J. and Darnell R.L. 1995. Ammonium and Nitrate Accumulation in Containerized Southern Highbush Blueberry Plants. Hortscience 30(7):1378-1381.
- Mortvedt, J. J., Cox F. R., Shuman L. M. and Welch R. M. 1991. Micronutrients in Agriculture . 760 p. Soil Science Society of America Book Serie.



- Peterson, L.A., Stang E.J, and. Dana M.N. 1988. Blueberry Response to $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$. J.Amer. Soc.Hort.Sci.113 (1):9-12.
- Pizarro, V. 2006. Evaluación físico-química de sustratos para la producción de arándanos en la IV Región de Coquimbo. 115 p.Tesis para optar al título de Ingeniero de Ejecución en Agronomía. Universidad de Aconcagua.
- Poonnachit, U. and Darnell R. 2004. Effect of Ammonium and Nitrate on Ferric Chelate Reductase and Nitrate Reductase in *Vaccinium* Species. Annals of Botany 93:399-405.
- Sadzawka, A. 1990. Métodos de Análisis de Suelos. Serie La Platina N° 16.130 p. INIA Centro Regional La Platina. Santiago, Chile.
- Salvatierra, A., C. Sierra & F. Meza. 2006. Variedades de arándanos en el Valle del Choapa. Tierra Adentro (Chile). (70): 29-32.
- Sierra, C. 2000. Salinidad de los suelos del norte chico. Tierra Adentro (Chile). (32): 35-38.
- Sierra, C., A. Salvatierra y F. Meza. 2006. Estado nutricional de variedades de arándano en el Choapa. Tierra Adentro (Chile). (70): 32-34.
- Spiers, J.M. 1978. Effects of pH Level and Nitrogen Source on Elemental Leaf Content of "Tifblue" Rabbit-eye Blueberry . J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 (6):705-708.
- Tamada, T. 1997. Effects of manganese, copper, zinc and aluminium application rate on the growth and composition of 'Woodard' rabbiteye blueberry. Acta Horticulturae 446:497-506.
- Tamada, T. 2004. Effects of Nitrogen Sources on Growth and Leaf nutrient concentrations of Tifblue rabbiteye blueberry under water culture. Proceedings of the Ninth North American blueberry research and extension workers conference. 452 p. Eds. Forney C and L. J. Eaton.
- Wilber, W. and J. G. Williamson. 2008. Effects of fertilizers rate on growth and fruiting of containerized Southern Highbush Blueberry. HortScience 43 (1): 143-145 University of Florida.
- Westerman, R. L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. 784 p. Soil Science Society of America Book Series.EE.UU.



4 TOXICIDAD DE MANGANESO EN PLANTAS DE ARÁNDANOS EN LA ZONA NORTE

Angélica Salvatierra G.
asalvatierra@inia.cl
Karina Ruiz C.
kbruiz@gmail.com
Carlos Sierra B.
csierra@inia.cl

4.1 Introducción

En los primeros huertos establecidos en la región de Coquimbo, se observaba una sintomatología visual de pecas en el envés de las hojas que se manifestaban en pleno verano, especialmente en O'Neal y rara vez en Misty. Según literatura y coincidentes con los análisis foliares efectuados, esta sintomatología se asociaba a altos niveles de manganeso. A modo de ejemplo, en un huerto experimental de arándanos, ubicado en el sector de Las Cañas en el valle de Choapa, en el verano la concentración foliar de manganeso en el cv. O'Neal alcanzó 1000 ppm (Sierra *et al.*, 2006). Estas concentraciones están fuera del rango foliar establecido como adecuado (Eck, 1988).

Los suelos del norte tienen naturalmente altos contenidos de manganeso total y también niveles moderadamente altos de manganeso disponible. Por otra parte, también algunos sustratos tales como el aserrín de pino y el capotillo de arroz contienen este elemento, que puede quedar disponible cuando se aplican prácticas de manejo, como la acidificación de sustrato o un mal manejo del agua de riego. Es importante destacar que los factores del suelo que aumentan la disponibilidad de manganeso son: pH bajo 6, exceso de humedad en el suelo e incremento de la temperatura del suelo.

Cuando el pH disminuye por efecto de la acidulación del agua de riego, o por efecto natural, producto de la mineralización de la materia orgánica, el manganeso aumenta su solubilidad en la solución suelo dejándolo disponible para las raíces de las plantas. Por otra parte, el efecto del exceso de humedad, genera condiciones que promueven la reducción en el suelo lo que favorece el paso del manganeso oxidado Mn^{+3} a Manganeso reducido Mn^{+2} que es más soluble, fenómeno similar ocurre en el caso del hierro.

En cuanto a la temperatura, en verano el sustrato-suelo puede alcanzar niveles de temperatura mayores de 24°C (Reichmann, 2002), lo que puede promover la liberación de manganeso disponible en el suelo coincidente con el momento de mayor absorción por la planta debido a la alta transpiración que ocurre en esta época. Por lo tanto, la intoxicación de las plantas de arándanos por manganeso ocurre normalmente en la época del estío. Otro aspecto a considerar es que los distintos cultivares presentan distinta selectividad radicular para absorber



manganeso. A diferencia de otros iones tóxicos, como el aluminio que sube escasamente por el xilema y por lo tanto se acumula en las raíces, produciendo toxicidad a este nivel, el manganeso asciende con facilidad por el xilema y se acumula en las hojas maduras.

Se reconoce en la literatura que los factores que pueden mitigar la toxicidad por manganeso son la materia orgánica y la competencia con otros cationes como el potasio.

Las aplicaciones de materia orgánica forma uniones débiles complejando al manganeso, se ha observado que al agregar materia orgánica al suelo se produce un aumento del contenido de manganeso entre un 10 al 55 %. Sin embargo, esta relación depende del tipo de materia orgánica aplicada.

Si bien, los arándanos, se definen como plantas acumuladoras de manganeso (Eck, 1988; Korkac, 1988), las variedades, dependiendo de su origen genético, responden en forma diferente, a un exceso de manganeso.

A la fecha, los pocos estudios sobre toxicidad de manganeso en arándanos señalan que con niveles foliares superiores a 1200 ppm, dependiendo de la especie, se ven más o menos afectados en su crecimiento, sin detectar una sintomatología visual extrema más allá que clorosis (Korkac, 1988; Tamada, 1997; Spiers, 1978).

Morikawa y Saigusa (2004) encontraron en Bluecrop (*V. corymbosum*) células epidermales con alto nivel de Sílice, planteándose como hipótesis que esto sea un mecanismo de tolerancia a metales, relacionándolo con los contenidos de manganeso presentes en las hojas. A nivel nacional, Bañados, 2009, relacionó una concentración de manganeso foliar de 470 mg/kg con un desarrollo anormal de brotes en el cv. O'Neal, bajo condiciones de campo en la zona Central.

4.2 Experiencias en la zona norte

De acuerdo a los antecedentes que se tenían en las plantaciones de la zona norte, y con el fin de determinar el efecto tóxico y la sintomatología así como también la forma de mitigar este elemento en la solución suelo, se realizaron tres ensayos cuyos resultados se presentan a continuación.

4.2.1 Efecto de altas concentraciones de Mn al establecimiento de O'Neal

El primer ensayo fue en plantas de la variedad O'Neal en macetas con un sustrato inerte de perlita, las cuales se sometieron a diferentes concentraciones de manganeso a meses del establecimiento hasta la primera producción. Los demás nutrientes fueron aplicados a través de una solución nutritiva completa.

La concentración foliar de manganeso aumentó en la medida que aumentaba



la aplicación de manganeso (Cuadro 4.1). Sin embargo, a pesar que el Mn sobrepasó el valor máximo de 350 ppm de acuerdo al estándar foliar establecido, el crecimiento expresado como la longitud y la producción no se vieron afectados, aunque esta última tendería a disminuir, un 40 % menos que el tratamiento testigo en la medida que la concentración foliar de Mn aumenta.

Cuadro 4.1. Concentración foliar, crecimiento vegetativo y rendimiento para dosis crecientes de manganeso en cv. O'Neal en macetas con sustrato perlita.

Variable	Fecha de muestreo	Tratamientos (μ moles de Mn)			
		0	10	145	1165
Concentración foliar (ppm)	Noviembre de 2006	75	135	465	785
Longitud total de brotes (cm.)	Enero 2007	1445 a	1412 a	1489 a	1465 a
Rendimiento (g/planta)	Sep- Diciembre 2006	370 a	302 a	306 a	218 a

Letras iguales en la misma fila indican que no hay diferencias significativas según Duncan ($p < 0,05$)

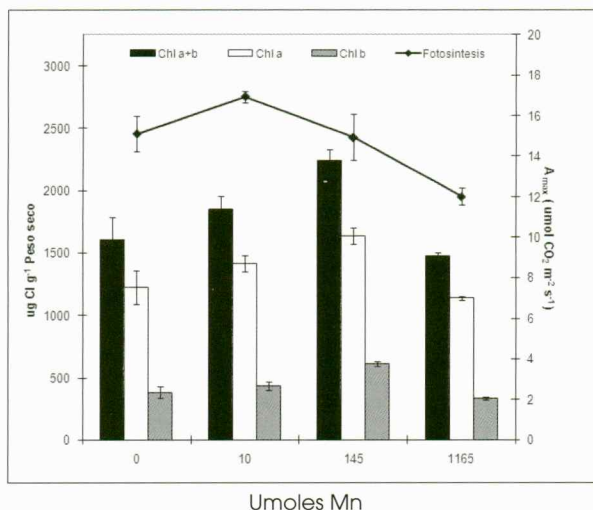


Figura 4.1. Contenido de clorofilas y Fotosíntesis en hojas bajo diferentes concentraciones de manganeso en Enero de 2007.



A nivel fisiológico, se observó que los niveles de fotosíntesis (Asimilación máxima, A máx.) de los tratamientos con alta concentración de Mn, disminuyen con respecto a las plantas sin o con bajo nivel de este elemento aplicado a través del riego. Se observa que al incrementar el Mn sobre 10 μ moles en una solución, se produce una disminución de la fotosíntesis. El mismo efecto se observa en el contenido de clorofilas que se ve afectado negativamente debido a la más alta concentración de Mn, 1165 μ moles. (Figura 4.1). Este mismo efecto ha sido observado en otras especies, como tabaco, trigo, arroz, abedul, olmo y *Acer spp.* (Li, *et al.*, 2010)

Sintomatologías visuales asociadas a un crecimiento anormal o toxicidad, como describió Bañados (2009) en cv. O'Neal creciendo bajo condiciones de campo, no se observaron en estas plantas que crecían bajo cubierta, durante el periodo de evaluación.

De esta experiencia se concluyó que las plantas en el establecimiento se afectaban fisiológicamente con una concentración foliar de 500 a 700 ppm de Mn. Este nivel de Mn está fuera del rango adecuado establecido, no obstante el crecimiento y rendimiento no fueron afectados. Esto se explica porque si bien las plantas fueron sometidas a una alta concentración de manganeso suministrado a través de la solución nutritiva de riego; el pH y la conductividad eléctrica de la solución de riego, junto a factores ligados al ambiente como temperatura del aire, oxigenación y temperatura de sustrato y, la intensidad de luz no fueron limitantes al crecimiento y desarrollo de la planta, por lo tanto el manganeso no causó daño productivo. Además, bajo las condiciones experimentales, el sustrato perlita evitó su acumulación impidiendo así una mayor absorción de manganeso y el posible desbalance nutricional con otros nutrientes. Esto ayudaría a explicar el escaso efecto tóxico observado.

4.2.2 Relación de radiación sobre el efecto de manganeso en O'Neal

A partir de los resultados anteriormente descritos se realizó, en La Serena un segundo ensayo donde las plantas fueron sometidas a dos condiciones: bajo cubierta de polietileno y al aire libre, creciendo esta vez en un sustrato de suelo de la zona y perlita en maceta, regado con una solución nutritiva con todos los elementos y con concentraciones crecientes de Mn.

Como se mencionó anteriormente, las plantas de arándanos acumulan Mn, por lo tanto en la medida que este elemento está disponible en alta concentración, el Mn foliar aumenta. En este ensayo la concentración foliar fue mayor, alcanzando valores por sobre los 2000 ppm en aquellos tratamientos con la dosis más alta de Mn (Figura 4.2).

A nivel fisiológico esto significó un comportamiento distinto según la condición de las plantas y la dosis de Mn suministrada. En aquellas plantas manejadas bajo cubierta el contenido de clorofilas (a, b, a+b) no se vio alterado en la medida que

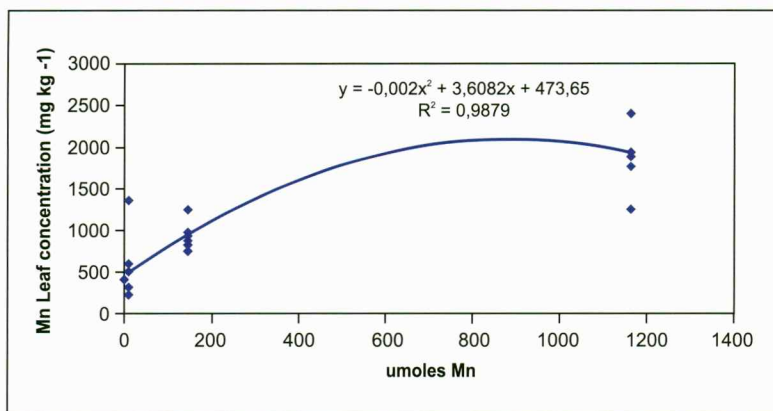


Figura 4.2. Relación entre la dosis de Manganeso de solución de riego y la absorción foliar de este elemento por cv. O'Neal.

la concentración de Mn se incrementaba y, la fotosíntesis se vio fortalecida. Mientras que aquellas que estaban expuestas al aire libre el contenido de clorofilas y la tasa fotosintética disminuyeron a dosis creciente de Mn según se indica en la Figura 4.3.

Bajo estas condiciones, se observó una interacción negativa entre las altas concentraciones de Mn y la condición al aire libre, disminuyendo la producción a 800 g/ planta versus 1200 g/ planta creciendo bajo cubierta (Cuadro 4.2).

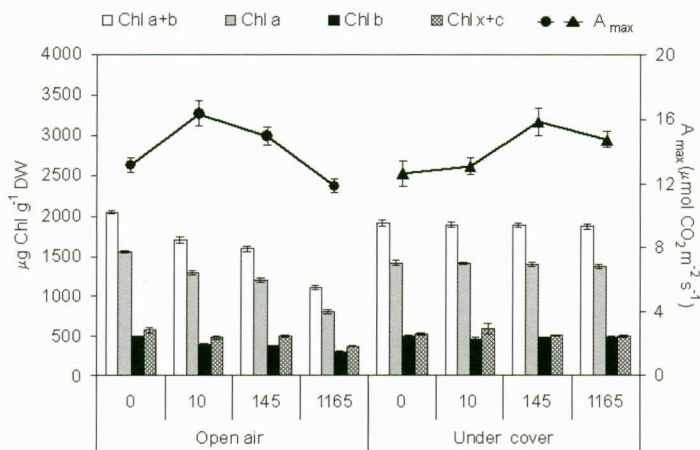


Figura 4.3. Contenido de clorofilas y tasa fotosintética en plantas O'Neal bajo dos condiciones ambientales y dosis creciente de Manganeso.

Cuadro 4.2. Efecto de la interacción dosis de Mn en la solución de riego y condición ambiental sobre el rendimiento (g/planta) de cv. O´Neal

TRAT	CONDICIONES			
Mn (µmoles)	Aire Libre		Bajo cubierta	
	Rendimiento (g/planta)			
0	1077 a	A	847 b	A
10	1022 a	A	938 ab	A
145	821 a	B	1205 a	A
1165	863 a	B	1201 a	A

Letras minúsculas distintas en la columna indican que hay diferencias entre dosis para cada condición. Letras mayúsculas distintas en la misma fila indican que hay diferencias entre condiciones para cada dosis. Test Duncan $p < 0.05$

La mayor producción observada en plantas creciendo con altos niveles de Mn bajo cubierta, puede ser explicado por lo observado en Marzo de 2008, es decir las plantas bajo invernadero, independientemente de las dosis de Mn, mantienen mayores tasas de asimilación de CO₂ hacia fines de la temporada cuando las plantas comienzan a entrar en receso y guardar reservas. Mientras que en las plantas al aire libre y sometidas a una alta concentración de Mn, parámetros de asimilación de CO₂ (A max) se ve disminuido (Figura 4.4), lo cual podría afectar finalmente la cantidad de reservas para la temporada siguiente de crecimiento. Asimismo, se observó que las plantas bajo cubierta entraron en receso en forma más tardía que las plantas al aire libre, por lo tanto producirían mayor cantidad de reservas que irían a suplir las demandas de carbohidratos para el crecimiento de los frutos en los primeros estadios, cuando se está en ausencia aún de hojas nuevas. Esto mejoraría el tamaño de los frutos y por ende la producción por planta bajo cubierta. Sobre el cultivo del arándano, la presencia de una malla sombreadora o atenuante de la intensidad lumínica, la cual es característica de ambientes áridos y con escasa cobertura vegetal, podría ser una alternativa para mejorar la productividad del arándano en la zona norte, dado que bajo cubierta las plantas encuentran un mejor micro-ambiente donde expresar toda su potencialidad.

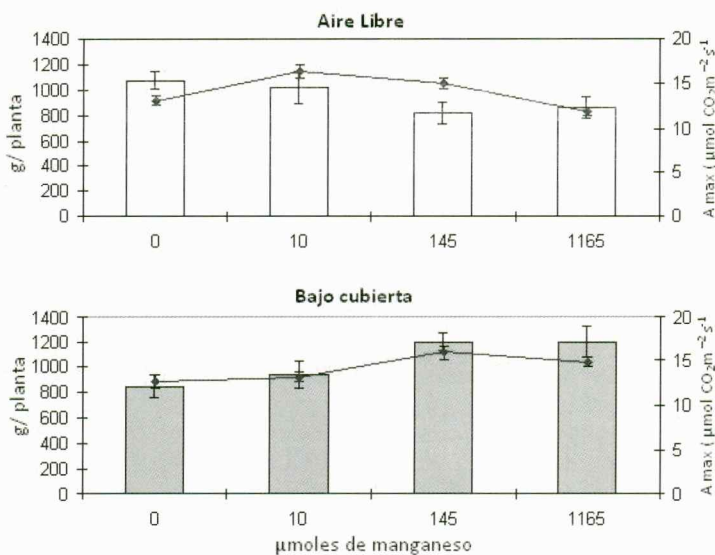


Figura 4.4. Producción (g/planta) versus Fotosíntesis (Asimilación máxima de CO₂ m⁻² s⁻¹) de plantas cv. O'Neal sometidas a dosis crecientes de manganeso y a dos condiciones ambientales.

Una sintomatología visual típica que indica un exceso de Mn son las pecas o puntos necrosados en el envés de las hojas (Figura 4.5).

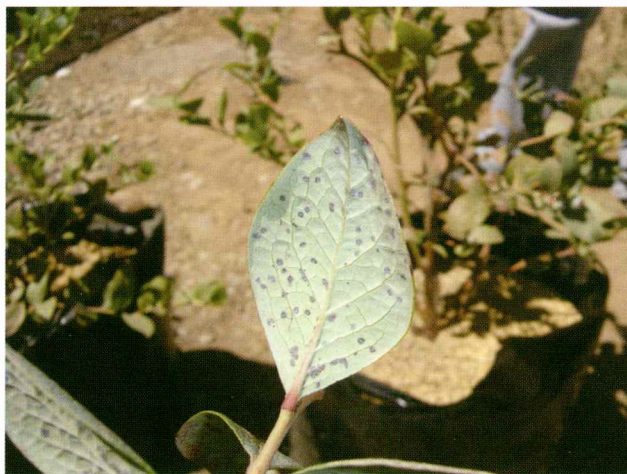


Figura 4.5. Sintomatología visual, pecas al envés de hojas, asociada a toxicidad de Manganeso



4.2.3 Formas de Mitigación de Manganeseo

Bajo las condiciones de la zona Norte los niveles foliares más frecuentes de manganeseo son variables y generalmente están bajo los 500 ppm. Sin embargo, hay antecedentes de huertos donde en determinado momento este nivel se sobrepasa largamente (Sierra, *et al.*, 2006). Probablemente esta alza repentina de la absorción de Mn por las plantas esté ligada a una condición de mal manejo especialmente en lo que se refiere a una falta de oxigenación por exceso de riego o una excesiva acidificación.

Resultados de un ensayo en el cultivar Misty, el cual generalmente presenta concentraciones menores de Mn en sus hojas nos demuestra que el color de maceta (por efecto sobre la temperatura del suelo) influye en la acumulación de Mn y el rendimiento, más allá de la aplicación de potasio en sus dos formas como sulfato de potasio o como extracto húmico, éste último también es un compuesto orgánico que aplicado en grandes cantidades tiene la capacidad de evitar la mayor disponibilidad del Mn en el sustrato (Cuadro 4.3) .

Las plantas expuestas a la radiación de Vicuña, y establecidas en un sustrato de capotillo de arroz y suelo, el cual contenía Mn disponible promedio de 50 mg/kg, presentaron una concentración foliar de Mn generalmente mayor que en aquellas plantas establecidas en macetas blancas. En esas condiciones al aplicarse potasio, en cualquiera de sus formas (sulfato de potasio o extracto húmico), los rendimientos no variaron y los rangos de Mn se mantuvieron dentro del rango adecuado establecido en el estándar foliar. Mientras que en las macetas negras, se observó que el potasio al parecer cumple un rol de mitigación ya que los niveles de Mn foliar en esos tratamientos, son iguales a los de maceta blanca, manteniéndose dentro de un rango moderado, excepto el tratamiento testigo en maceta negra. Sin embargo, los rendimientos disminuyen con respecto al de la maceta blanca, pero esto no se relaciona con la concentración foliar de Mn observado. Esto podría explicarse por otro efecto adverso cual es la temperatura del sustrato, la cual afectaría el crecimiento de raíces y también del crecimiento de brotes, afectando finalmente la producción.

Los mayores rendimientos de fruta por planta se logran con las macetas blancas y mulch, más de 800 g/planta de fruta.

En cuanto a las temperaturas de sustrato, como se menciona en el capítulo 6 se puede observar que en horas de mayor temperatura, las diferencias son notables entre una maceta blanca y una negra.



Cuadro 4.3: Rendimiento de Misty (g/ planta) y concentración foliar de Mn (ppm) de plantas var. Misty establecidas en macetas blancas y negras.

Tratamiento	Color de maceta	Peso Total g/planta	Mn ppm
Testigo	blanca + mulch	825,4 a	340 b
Extracto Húmico		868,4 a	293 b
Sulfato K		874,6 a	295 b
Sulfato K + Extracto Húmico		755,7 abc	221 b
Testigo	negra	642,4 bcd	529 a
Extracto Húmico		697,2 abc	373 ab
Sulfato K		597,8 abc	353 b
Sulfato K + Extracto Húmico		449,2 d	285 b
C.V. (%)		20,24	26,6
Pr <0,05		0,0007	0,03

Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas según test de Tukey $p < 0,05$

4.3 Conclusiones

El manganeso es un elemento que presenta una gran disponibilidad potencial en los suelos de la región, especialmente aquellos de origen granítico. Además, algunos sustratos presentan una mayor concentración de manganeso total y disponible. Esto sumado a los factores de manejo puede promover una intoxicación de las plantas por este elemento. La disponibilidad de manganeso está directamente relacionada con las pautas de manejo a implementar y con la absorción por parte de las plantas lo cual dependerá de la variedad, sin embargo estas plantas se caracterizan por ser acumuladoras de manganeso. A la fecha hay indicadores que las plantas manifestarían un efecto negativo sobre el crecimiento y la producción por lo que se sugiere evaluar los factores críticos que afectan la disponibilidad de manganeso como tipo de sustrato, temperatura del sustrato, pH, exceso de humedad y las características de la variedad en relación a este elemento. Las formas de mitigar el manganeso presente en el sustrato es a través de un buen manejo en relación a un control optimizado de riego y fertilización. En zonas con excesiva radiación se debe considerar el color de las macetas, el uso de mulch, malla sombreadora y el tipo de sustrato.



4.4 Referencias consultadas

- Ballington, J. R., C.M. Mainland, S.D. Duke, A.D. Draper and G.J. Galletta. 1990. O'Neal southern highbush blueberry. *Hortscience* 25(6): 711-712
- Bañados, M.P., F. Ibáñez, and A.M. Toso. 2009. Manganese toxicity induces abnormal shoot growth in 'O'Neal' Blueberry. *Acta Hort.* (ISHS) 810:509-512.
- Crawford, T.W. Jr., Stroehlein, J. L. and Kuehl, R. O. 1989. Manganese and rates of growth and mineral accumulation in cucumber. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 114, 300-306.
- Eck, P. 1988. *Blueberry Science*. 284 p. Rutgers University Press. EE.UU.
- Elamin, O. M. and Wilcox, G. E. 1986a. Effect of magnesium and manganese nutrition on muskmelon growth and manganese toxicity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 111, 582-587.
- Elamin, O. M. and Wilcox, G. E. 1986b. Effect of magnesium and manganese nutrition on watermelon growth and manganese toxicity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 111, 588-593.
- Fecht-Christoffers, M. and Hans-Meter B. 2003. Effect of manganese toxicity on the proteome of the leaf apoplast in cowpea (*Vigna unguiculata*). *Plant Physiol.* 133 (4):1935-1946.
- Foy, C. D., Weil, R. R. and Coradetti, C. A. 1995. Differential manganese tolerances of cotton genotypes in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition*. 18: 685-706.
- Horst, W., J. Maier, P., Naumann A., Wissemeyer, A.H. 1999. The physiology of manganese toxicity and tolerance in *Vigna unguiculata* (L.) J. *Planta Nutr. Soil Sci.* 162: 263-274
- Korcak, R.F. 1988. Response of Blueberry species to excessive Manganese. *J. Amer. Hort. Sci.* 113(2):189-193.
- Lyrene, P. 1997. Misty Southern highbush blueberry. *Hortscience* 32(7):1297-1298.
- Li, Q., S.C Li, H.X. Jiang, N. Tang, L. T. Yang, Z.H. Li, Y. Li, G.H. Yang. 2010. Effects of manganese-excess on CO₂ assimilation, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, carbohydrates and photosynthetic electron transport of leaves, and antioxidant systems of leaves and roots in *Citrus grandis* seedlings. *BMC Plant biology* 2010, 10:42.



- Macfie, S. M. and Taylor, G. J. 1992. The effects of excess manganese on photosynthetic rate and concentration of chlorophyll in *Triticum aestivum* grown in solution culture. *Physiologia Plantarum*. 85: 467-475.
- Reichmann, S. M. 2002. The responses of plants to metal toxicity: A review focusing on copper, manganese and zinc. Paper N°14. Published by The Australian minerals & energy environment foundation. ISBN 1-876205-13-X.
- Sierra, C., A. Salvatierra y F. Meza. 2006. Estado nutricional de variedades de arándano en el Choapa. *Tierra Adentro* (Chile). (70): 32-34.
- Tamada, T. 1997. Effect of manganese, copper, zinc and aluminium application rates on the growth and composition of Woodard rabbiteye blueberry. *Acta Horticulturae* 446: 497-506.





5 MANEJO DEL RIEGO EN ARÁNDANOS EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Leoncio Martínez Barrera
lmartinez011@gmail.com

5.1 Introducción

El arándano requiere para su buen desarrollo de suelos livianos, con una alta macroporosidad que permitan un buen drenaje y una óptima oxigenación de las raíces. Además de lo anterior este cultivo requiere, para las condiciones de la zona, de un pH de suelo levemente ácido, en el rango de 5,5 a 6,0.

En la zona agroecológica de la región de Coquimbo, las condiciones de suelo y agua difieren de las descritas en el párrafo anterior, por lo cual, tanto el suelo como el agua deben ser modificados para lograr producciones comerciales interesantes. En cuanto al suelo, no es posible modificarlo por lo cual se requiere de la utilización de sustratos que reemplacen al suelo natural. Respecto al agua, se debe acondicionarla adicionando una solución ácida para bajar el pH a los niveles óptimos.

Lo anterior nos lleva a un sistema de cultivo muy particular, en el cual, el manejo del agua tiene un sitio relevante para lograr altos niveles productivos y de buena calidad.

5.2 Uso de Sustratos

En el proyecto de “Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez”, desarrollado en el Centro Experimental Vicuña, entre el año 2006 y 2009, se trabajó con dos tipos de sustratos:

- Mezcla de aserrín de pino y suelo en proporción 2:1
- Mezcla de sarmiento, escobajo y suelo en proporción 2:1

Aserrín fue utilizado como testigo, ya que a la fecha de inicio del proyecto, era el sustrato utilizado por excelencia por los agricultores locales. Al aserrín, se adicionó suelo local con la finalidad de reducir la importación de material desde las zonas productoras de madera.

Como sustrato alternativo se utilizó la mezcla de sarmiento picado, escobajo y suelo como alternativa al aserrín, ya que es un producto local, que potencialmente podría ser utilizado reduciendo significativamente los costos iniciales de establecimiento de la plantación. Al igual que en aserrín, se adicionó una parte de suelo para disminuir el volumen de sustrato a utilizar en un 33% en base a volumen.



Las propiedades físico-hídricas de la mezcla material vegetal/suelo difieren del suelo original, por lo cual, debe realizarse una modificación del manejo del riego.

Las dos mezclas evaluadas, presentaron baja densidad aparente, en el rango de 0,15 a 0,25 g/cc , altos niveles de humedad a Capacidad de Campo (CdC), 75 a 80% en base a peso y altos niveles de humedad en el Punto de Marchitez Permanente (PMP), 70 a 75% en base a peso. Lo anterior indicó que gran parte del agua retenida por los sustratos estudiados, no estaba fácilmente disponible para el cultivo. La alta macroporosidad indicó la presencia de abundantes macroporos, superiores a 0,5 mm lo cual aseguró una buena aireación al sistema radicular, pero dificultó el manejo del agua.

El agua se movió rápidamente en forma descendente, percolando en profundidad y formándose un bulbo mojado de reducido diámetro horizontal. En macetas, el exceso de agua salió fuera de ellas, mientras que en camellones, se formó un nivel freático suspendido en la interfase suelo-sustrato.

5.3 Manejo del riego

El riego diario debe ser equivalente a la cantidad de agua utilizada por el cultivo, más una cantidad adicional que inexorablemente se va en profundidad dado el rápido movimiento del agua por los macroporos. La cantidad de agua utilizada por el cultivo experimentó variaciones entre y dentro de la temporada. El consumo de agua registrado en microlisímetros fue del orden de 400 a 600 cc/planta/día en la primera temporada y entre 800 a 1000 cc/planta/día en la segunda temporada.

Para minimizar la percolación profunda, el riego se debe aplicar en forma diaria o más de una vez por día. Especial cuidado se debe tener en el sistema de cultivo en camellones, pues el exceso de humedad acumulado en la interfase suelo/sustrato puede afectar el nivel de aireación en la zona radicular.

La distribución de los emisores es importante para lograr un adecuado mojamiento de toda la zona radicular, dado el escaso movimiento lateral del agua. Para un sistema de cultivo en camellones, utilizar dos laterales por hilera de plantas con emisores de 1 L/h separados a 0,20 m. Los emisores en ambas laterales deben ir traslapados. Para plantaciones en macetas, utilizar dos a cuatro puntos de aplicación por maceta, lo cual se logra con emisores de salidas múltiples.

5.4 Ensayo de riego

El ensayo de riego tuvo por finalidad determinar el efecto de diferentes formas de manejo del agua en función de la evapotranspiración del cultivo. El Cuadro 5.1, se presenta la descripción de los tratamientos del ensayo en relación a niveles de



reposición y disposición de laterales. El Cuadro 5.2 presenta los rendimientos obtenidos expresados en kg de frutos por planta en las temporadas 2008 y 2009.

Cuadro 5.1. Descripción de los tratamientos de riego, INIA Vicuña, Región de Coquimbo.

Tratamientos	Nivel de reposición	Disposición de laterales
T1	100%ETc*	2 Laterales de polietileno (PE) de 16 mm
T2	100%ETc*	1 Lateral de polietileno (PE) de 16 mm
T3	100% ETC*	3 Laterales de polietileno (PE) de 16 mm
T4	133% ETC*	2 Laterales de polietileno (PE) de 16 mm
T5	66%ETc*	2 Laterales de polietileno (PE) de 16 mm

ETc obtenida por microlisímetros instalados en el ensayo, durante toda la temporada*

Cuadro 5.2. Resumen de Cosecha Temporadas 2008/2009.

VARIEDAD	Tratamiento	Producción 2008 (g/pl)	Producción 2009 (g/pl)	Incremento (%)
Misty	1	312,1	483,2	55%
	2	318,3	353,1	11%
	3	182,7	382,9	110%
	4	179,5	293,1	63%
	5	310,0	304,2	-2%
Promedio Misty		258,4	362,5	40%
O'Neal	1	248,0	165,6	-33%
	2	353,6	259,2	-27%
	3	281,8	178,0	-37%
	4	261,7	168,2	-36%
	5	315,6	175,3	-44%
Promedio O'Neal		292,1	189,0	-35%



La mejor producción se obtuvo con dos laterales por hilera de planta en la variedad Misty y una lateral por hilera de plantas en la variedad O'Neal. El tamaño de plantas de la variedad Misty fue superior a O'Neal, por lo cual, para esta última variedad, fue más eficiente la aplicación de toda el agua en una sola lateral para los dos primeros años después de plantación.

5.5 Consideraciones especiales

Desde el punto de vista del riego, no es aconsejable utilizar sustratos mezclados con suelo. El suelo, por poseer partículas de diámetro inferior a los macroporos del suelo, tiende a ocupar las posiciones inferiores dentro de la maceta o camellón, provocando una desuniformidad que afecta la distribución del agua en el perfil. En las macetas se observó la presencia de un nivel freático suspendido; en camellones, el problema se agravó por esta situación.

La mezcla de los sustratos aserrín y escobajo/sarmiento con suelo en proporciones 2:1 en base a volumen dificultó enormemente el manejo del agua. Las partículas más finas de suelo, se movieron en profundidad, dando origen a una estrata de mayor densidad que dificultó el drenaje del exceso de agua. La acumulación de agua causó problemas de aireación a la estrata inferior de raíces.

La utilización de dos laterales con emisores antidrenantes de 1,2 L/h separados a 0,25 m resultó adecuada para el riego de los arándanos para ambos sustratos estudiados. Para el primer año de plantación, es posible trabajar con una lateral, con el objetivo de disminuir la inversión inicial, pero se debe agregar la segunda lateral inmediatamente después de la primera cosecha. Tres laterales por hilera de plantas no produjeron un mayor crecimiento vegetativo y productivo de las plantas.

Los coeficientes de cultivo (K_c) para arándanos en marco de plantación de 3,0 x 1,0 m, segundo año de producción y con cubierta de malla raschel es 0,15 para los meses de mayor demanda hídrica (diciembre, enero y febrero) y 0,08 para meses de invierno.



6 CULTIVO DE ARÁNDANOS EN MACETAS

Angélica Salvatierra G.
asalvatierra@inia.cl

6.1 Introducción

El cultivo de arándanos en macetas es una práctica más o menos habitual en la región de Coquimbo. Estimaciones propias indican que un 40 % de la superficie total (420 ha) está bajo esta modalidad.

El cultivo en macetas, surge básicamente para evitar las condiciones restrictivas de suelo principalmente ligadas a la textura, a la ausencia de materia orgánica en ellos y a sales presentes en algunos de los suelos. También es una posibilidad para quienes tienen plantaciones en sectores donde existen plagas de suelo tales como el gusano blanco o bien una alta infestación de malezas, las cuales impiden un cultivo exitoso.

Este sistema de cultivo implica en general un manejo delicado y acucioso y de una alta eficiencia principalmente en el manejo del agua y de nutrientes, ya que se debe tener en cuenta que las raíces estarán confinadas a un volumen y que por lo tanto la masa radicular estará restringida.

Por lo tanto, se justifica bajo las siguientes condiciones:

- a) el suelo presente es inadecuado (arcilloso, salino) para el cultivo y se desea aislar de las condiciones de suelo; esto es plenamente acorde para las condiciones de algunos de los suelos presentes en la región de Coquimbo.
- b) se quiere mantener una plantación de alta densidad, por restricción en superficie.

En el caso de los arándanos no existe una información nacional acabada sobre esta práctica, y en esta iniciativa sólo se abordaron dos preguntas muy frecuentes por parte de los agricultores, tipo de sustrato y volumen, para un horizonte de tres años desde el establecimiento, quedando una serie de interrogantes por resolver especialmente considerando las nuevas variedades que están siendo incorporadas en la zona.

6.2 Antecedentes de sistemas de confinamiento

El confinamiento de raíces es una práctica más común de lo que parece. Los camellones en plantaciones frutales es un tipo de confinamiento, donde la mayor parte de raíces crecen, dentro de ese volumen, pero a diferencia de una maceta en ellos no hay una barrera física.

El sistema de maceta donde básicamente se concentran la zona de crecimiento de raíces a través de una barrera física permite que la planta centre su masa



radicular en un volumen en el cual se entregan todos los nutrientes y agua, por lo que si bien se reduce el volumen radicular, no necesariamente es menos eficiente. Este sistema de cultivo podría permitir manejar y disminuir costos asociados a insumos.

Sin embargo, es importante lograr tener una planta equilibrada, donde la relación parte aérea: raíz sea adecuada de manera de no perjudicar la producción de las plantas. Este sistema de cultivo requiere cuidados en el manejo, ya que cualquier error puede significar la pérdida de las plantas.

6.3 Características de sustrato necesarias para un cultivo en maceta

Para el cultivo en macetas se debe usar sustratos orgánicos que cumplan con los requisitos básicos para el cultivo del arándano: alta porosidad de aireación (macro poros), con una retención de humedad, fácilmente disponible, salinidad (CE menor a 1,5 dS/m) y pH de preferencia menor a 6. Ellos pueden ser usados (en mezclas o solos), con tamaño de partículas homogéneo de manera que facilite la mezcla de ellos y evitar una sedimentación de material más fino que a futuro dificultará el drenaje de aguas. A modo de ejemplo, cuando se mezcló un sustrato de aserrín con suelo, al cabo de tres años, la densidad aparente de esta mezcla aumentó en profundidad del perfil de maceta, mientras que con materiales de mayor tamaño y relativamente homogéneos entre la densidad aparente se mantuvo sin variaciones (Cuadro 6.1). Esto puede deberse en este caso a la percolación de suelo hacia el fondo de las macetas, provocando un cambio en la densidad aparente y por consiguiente generando problemas de acumulación de humedad a ese nivel.

Cuadro 6.1. Evolución de la densidad aparente (g/cc) después de tres años en macetas a tres profundidades.

	Densidad aparente (Da)	Profundidad de macetas (cm)		
		10	20	30
Sustrato	inicial			
Aserrín + Suelo	0,56	0,94± 0,16	1,12± 0,17	1,15± 0,18
Escobajo + Sarmiento+suelo	*	0,90± 0,10	0,93± 0,08	0,93± 0,10

(*) Da sin establecer, la Da de escobajo y sarmiento eran de 0.17 y 0.20 respectivamente.

En este caso, la mezcla de escobajo-sarmiento, materiales de la región, sin un proceso de compostaje controlado, presentó una densidad aparente muy baja, que refleja la porosidad. En el caso de macetas se evaluó esta mezcla a la cual se le incluyó suelo por lo que la densidad aparente aumentó a 0,9 g/cc, la cual



se mantuvo estable al cabo de 3 años. Esta mezcla, si bien presentó una Da estable no tuvo buenos resultados en el establecimiento de las plantas dada la dificultad de mezclarlo en campo lo que originó en un sustrato heterogéneo, dificultando el manejo de fertilización.

Otros aspectos que cobran relevancia en el cultivo de macetas es la estructura del sustrato, la cual debe ser estable y que impida la contracción (o hinchazón del medio) y que tenga una mínima velocidad de descomposición. Cuando el aserrín se contrae por falta de agua es muy difícil hidratarlo. En la descomposición del aserrín fresco se provoca una pérdida de volumen, siendo necesario en ese caso, reponer parte del sustrato. Ambas condiciones implican un mayor cuidado en el manejo ya que finalmente afecta la estabilidad de la bolsa, perdiendo ésta su posición original trayendo consigo problemas de manejo diversos, que pueden llegar a causar la muerte de plantas por falta de agua y nutrientes. Es importante saber que en los arándanos, a diferencia de otras plantas, los nutrientes absorbidos del suelo en un lado de la raíz, no son translocados a través de toda la planta (Gough, 1984 y Abbot and Cough, 1986 citado por Gough, 1994). Por lo tanto, es importante a tener en cuenta que el agua y nutrientes sean aplicados uniformemente en el sustrato de manera que las raíces absorban y distribuyan hacia la parte aérea en su totalidad.

Los aspectos anteriormente mencionados son muy importantes ya que se debe considerar que las raíces de las plantas se mantendrán confinadas a un determinado volumen con una barrera física (bolsa) donde se espera que el sistema radicular se desarrolle y se expanda en todo el pan de sustrato, logrando un equilibrio con la parte aérea lo que se debe traducir en una producción estable y creciente en el tiempo. Por el momento, se desconoce la relación aérea radicular adecuada en arándanos, para mantener en el largo plazo una producción creciente.



Figura 6.1. Deshidratación en pleno verano debido a un riego deficitario en Cv. Misty



6.4 Volumen de sustrato

Una vez definido el sustrato a utilizar, entonces la pregunta que cabe hacerse es cuál es el volumen adecuado, considerando que ha seleccionado un buen sustrato. Desde el punto de vista de la planta se debe considerar el vigor y el hábito de crecimiento de la variedad a plantar. En el caso de O'Neal es una variedad de brotes erectos y de menor vigor que la variedad Misty. Desde el punto de vista radicular, en general, la mayor parte de las raíces de los arándanos se encuentran en los primeros 40 cm de profundidad en condiciones de plantaciones en suelo (Cough, 1980). Mientras que en la parte aérea los brotes que van conformando la estructura de la planta, se van generando a partir de yemas basales de restos de brotes, desde la corona de la raíz ó, desde las raíces más gruesas.

El volumen de maceta es una de los temas importantes, pero hay un factor que no ha sido considerado y que se relaciona con las dimensiones de la bolsa. Dado que la planta está conformada por brotes basales, el diámetro de la bolsa debe permitir un crecimiento de ellos sin mayores restricciones y por otro lado la altura efectiva de la bolsa debe considerar el grado de profundización de las raíces de los arándanos mencionada anteriormente. Si bien esto no ha sido evaluado sistemáticamente, se sugiere que las macetas a usar tengan una altura efectiva superior a 40 cm y de un diámetro de al menos 40 cm, que puede ser adecuado para una planta en estado adulto. Esto equivale aproximadamente a 50 litros.

Una de las inquietudes de los agricultores se refiere al grado de "espirulamiento" (enrollamiento) de raíces cuando crecen en bolsas. Experiencias en diversos ensayos de INIA ejecutados en bolsas en un plazo de 4 años, este fenómeno no se ha presentado. Incluso en bolsas de volúmenes de 20 L esto tampoco fue observado, pero en este caso es importante señalar que el sustrato utilizado fue perlita, en el cual se visualizaban una masa radicular importante, cubriendo en el corto plazo todo el volumen de sustrato. La calidad y el volumen del sustrato influyen sobre el grado de espirulamiento de raíces. Este problema se produce en bolsas de volumen excesivamente pequeños, como a veces es posible observar en plantas de viveros. Este es un aspecto importante que se debe estudiar bajo un protocolo científico al igual que otros aspectos.

Uno de los problemas que generalmente se presentan en los huertos de arándanos en macetas especialmente en verano con altas temperaturas, con variedades muy vigorosas y de gran follaje (Misty y Jewell), con una evapotranspiración muy alta, es la deshidratación de las plantas. Cuando el volumen de la bolsa es muy pequeño y las raíces han proliferado totalmente en éste o el sustrato retiene muy poca humedad, es difícil mantener la planta en un buen estado hídrico y tiende a deshidratarse, en ese caso lo más apropiado es mantener una frecuencia de riego alta, de manera de satisfacer la demanda hídrica de la planta.

Frente a las consecuencias, el espirulameinto de raíces y la deshidratación, el volumen de la maceta pasa a ser un factor secundario frente a la calidad del



sustrato. El sustrato determina la capacidad de oxigenación, retención de humedad y la humedad fácilmente disponibles necesarios para un buen establecimiento y crecimiento de las plantas.

En un ensayo realizado en O'Neal y Misty en un horizonte de tres años, se estableció que después de un año desde el establecimiento, la primera producción (250-350 g /planta) fue similar para los distintos volúmenes (20, 30 y 50 L) en un sustrato de aserrín: suelo (2:1) Cuadro 6.2 y 6.3.

Esto se explica porque en el caso de una fertirrigación, sin estimuladores de raíces, el crecimiento de la raíz abarcó un volumen acorde a los 20 L y no así en volúmenes mayores donde la relación raíz/ volumen existente, fue menor y por lo tanto, la fertirrigación quedaba al margen de la zona activa de raíces. En la segunda temporada, el crecimiento radicular amplió su volumen de exploración, pero no al punto de colonizar el volumen de los 50 L. Es esperable que al segundo año las raíces ocupen gran parte del sustrato. Por lo que se debe realizar un buen manejo en cuanto a la fertirrigación en forma eficiente. Los rendimientos se presentaron en orden creciente de acuerdo al volumen en el caso de O'Neal pero no así en Misty donde el mejor rendimiento se obtuvo con un volumen de 30 L. Sin embargo en el volumen de 30 L, la producción está conformada por fruta de calibre medio y grande en igual proporción. No así en el volumen de 50 L, donde predomina el calibre medio. Dentro de este ensayo también fue evaluada una mezcla de sustrato alternativo, escobajo sarmiento, pero éste fue descartado debido a su menor producción especialmente en la variedad O'Neal como se indica en Cuadro 6.2. Aunque durante la segunda temporada se pudo ver una recuperación de la planta en cuanto a la longitud total de brotes para ambas variedades.

Si se proyecta la plantación en un horizonte mayor de tiempo considerando el período que va desde la plantación hasta los 6 años en que la planta alcanza una producción estable, se puede recomendar un volumen mínimo de 30 L y máximo económico de 60 L. El volumen a decidir dependerá de los costos del sustrato y de mano de obra y de la estrategia de manejo de fertirrigación a implementar. Si se decide por un volumen más pequeño, lo ideal es que el sustrato sea muy poroso de partículas similares, en este caso se debe mantener una frecuencia de riego alta, y es importante que se apliquen buenas prácticas de manejo de fertilizantes, evitando el exceso de fertilización ya que esto puede favorecer un crecimiento acelerado colapsando la planta por un confinamiento acelerado de raíces en el corto tiempo. Esto es especialmente importante cuando se aplican enraizantes los cuales favorecerían un crecimiento acelerado de raíces provocando prontamente una baja relación sustrato raíces.

Por otra parte, si en la plantación se decide poner un volumen superior a los 30 L, con una planta de 2 años proveniente de vivero, es probable que en el primer año, la relación volumen radicular versus el volumen de sustrato sea muy bajo. Por lo tanto, el volumen de agua aplicado, y por ende fertilización principalmente

Cuadro 6.2. Producción (g/planta) y crecimiento de cv. O'Neal en macetas con arerrín suelo comparado con un sustrato local

O'Neal	2008		2009		
	Peso total	Longitud total de brotes	Peso total	Longitud total de brotes	Materia seca Total
Aserrín: suelo	g/planta	cm	g/planta	cm	g
20 L	344,23 a	733,6 ab	160,6 ab	860	177,5 a
30 L	291,67 ab	781,7 ab	128 ab	818	128,1 ab
50 L	290,8 ab	855,6 a	233 a	1224	201,7 a
Escobajo: sarmiento					
20 L	148,9 c	453,1 bc	49 b	1105	159,7 ab
30 L	150,9 c	294,4 c	62 b	661	85,4 b
50 L	187,7 bc	292,0 c	42 b	1454	216,1 a
CV (%)	23,19	30,34	31,8	12,5	10,46
Pr F	0,0065	0,0096	0,05	0,14	0,05

Cuadro 6.3. Producción (g/planta) y crecimiento de cv. Misty en macetas con arerrín suelo comparado con un sustrato local

Misty	2008		2009		
	Peso total	Longitud total de brotes	Peso total	Longitud total de brotes	Materia seca Total
Aserrín: suelo	g/planta	cm	g/planta	cm	g
20 L	279,3	532,3	314,9	541,1	125,305
30 L	246	591,6	475,1	1167,65	272,13
50 L	250,7	793,5	301,3	1065,6	263,6
Escobajo: sarmiento					
20 L	214,1	479,1	182,3	1314,955	252,31
30L	383,6	548,4	288,3	1119,325	350,295
50 L	199,3	709,8	356,6	1004,95	246,25
CV (%)	46,9	50,93	28,4	19,9	11,2
Pr F	0,66	0,8	0,55	0,48	0,17



estará aplicado en exceso, ya que el riego se realiza en función del volumen de la bolsa. En ese caso, y sabiendo que existe un volumen de sustrato inexplorado por las raíces, se sugiere aplicar una fertilización equilibrada de acuerdo a los nutrientes del sustrato de manera de favorecer una rápida expansión de las raíces en sustrato y disminuir el pH dado que está demostrado que un bajo pH favorece un crecimiento mayor de raíces.

Por último, una buena señal de que la planta está bien arraigada, es la proliferación de brotes basales y el crecimiento de brotes vigorosos con una longitud superior a 60 cm y la presencia de hojas de tamaño normal. Una planta equilibrada debe tener 2-3 brotes de madera lignificada y 4 a 5 brotes de reciente aparición, que indica sí la planta está en el sustrato adecuado o no.



Figura 6.2. Planta de cv. O'Neal creciendo en forma equilibrada, manifestando una emergencia de brotes basales.

6.5 Densidad de plantas

Generalmente se piensa que el cultivo de macetas permite aumentar la densidad de plantación al doble de un sistema arraigado en el suelo. El número de plantas por hectárea es variable pero va desde 7.000 a 10.000 plantas por hectárea, siendo esta última una densidad imposible de sobrellevar después del tercer año de plantación, especialmente cuando las variedades son muy vigorosas como la Misty o Jewell.

Una de las prácticas que se realiza en el cultivo de macetas es la alta densidad. Tomando en cuenta especialmente aquellas variedades de mayor vigor, que pueden ser plantadas en macetas de más de 30 L, la densidad de plantas debe respetar la expresión de la planta y un buen desplazamiento de los operarios para



realizar las actividades de manejo. Por lo tanto, entre hileras en lo posible mantener sobre 2.5 m y sobre la hilera, las macetas deben estar distanciadas entre ellas al menos 30 cm. Obviamente la densidad de plantas por ha, va a estar regida de acuerdo al diámetro de las bolsas a usar y del vigor de las plantas.



Figura 6.3. Plantación de arándanos en macetas en alta densidad.

6.6 Otros aspectos a considerar

El cultivo de macetas se encuentra con una relativamente baja oferta nacional de macetas o bolsas apropiadas para este tipo de explotaciones. Las que se ofrecen generalmente son de polietileno, las cuales tienen una vida corta, también es posible encontrar en el mercado bolsas de polipropileno de mayor duración y resistencia a las rayos u.v. La selección de las macetas es un punto importante ya que el trasplante o traslado de plantas es una tarea riesgosa, dificultosa y de alto costo especialmente por la mano de obra que se requiere. Mas allá del volumen y tipo de sustrato que determinan el ambiente en el cual crecen las raíces es importante saber que el sustrato también va a influir sobre la temperatura que éste puede alcanzar en una condición de maceta. La temperatura como se determinó en los ensayos realizados depende del tipo de sustrato y del color de la maceta.

Las raíces al igual que la parte aérea tienen un óptimo de temperatura para su crecimiento, en el caso de arándanos, según Spiers (1995), el óptimo es de 16° C, temperaturas sobre esto perjudican un desarrollo normal, especialmente cuando las temperaturas alcanzan más allá de 27° C.



Cuadro 6.4. Materia seca de brotes y raíces a diferentes temperaturas de sustrato.

Temperatura sustrato (°C)	Crecimiento materia seca (g)		
	Brotes	Raíces	Total
16	4,8	15,2	20,0
27	3,2	9,7	12,9
38	1,5	7,3	8,8

Adaptado de Spiers, 1995

En la figura siguiente se puede ver que bajo una malla sombreadora de 35% el sustrato de aserrín suelo, que tiene menos macroporos, alcanza una temperatura mayor que un sustrato más poroso el cual mantiene una temperatura menor. En verano y especialmente cuando no existe una malla sombreadora o con problemas de riego, la temperatura que se puede alcanzar está por sobre 35°C, lo que puede afectar el normal funcionamiento de las raíces.

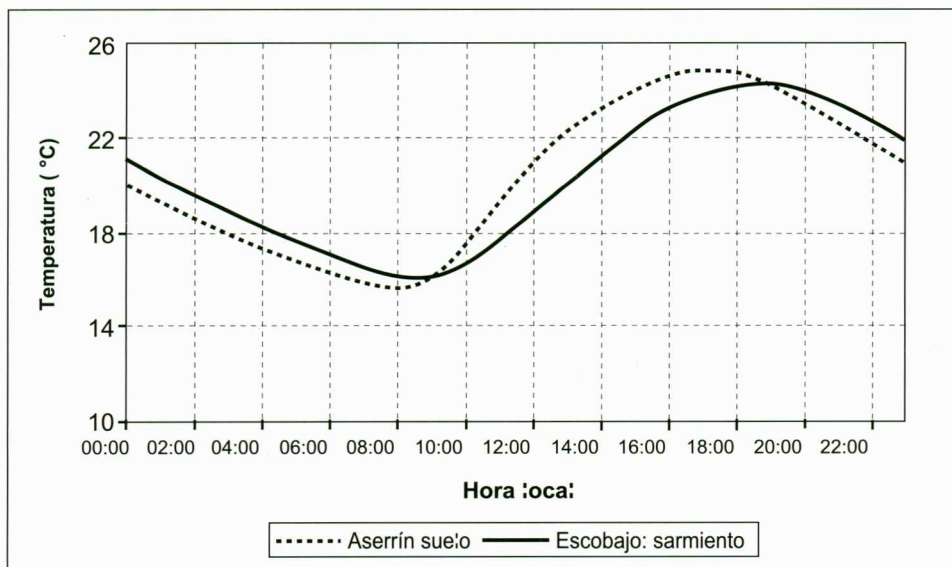


Figura 6.4. Ciclo diario anual de temperatura de dos tipos de sustrato en maceta.



Por otro lado, el color de maceta también adquiere relevancia cuando se constata que en terreno las temperaturas de sustrato dependen del color de la maceta. Observaciones y mediciones de temperatura de sustrato realizadas bajo las condiciones de Vicuña, sin una malla de sombreamiento, indicarían que la maceta negra se anticipa a alcanzar temperaturas más altas que una maceta blanca. En este caso, se puede usar un mulch orgánico en las macetas y también una malla de sombreamiento de manera de evitar un exceso de radiación directa sobre las macetas (Figura 6.5).

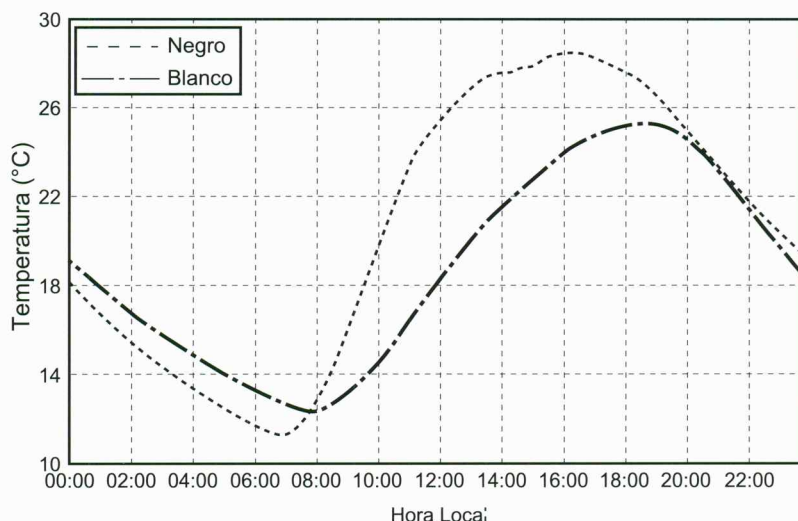


Figura 6.5. Ciclo diario anual de temperatura de macetas de dos tipos de color.

6.7 Conclusiones

El cultivo de macetas es un sistema que tiene adeptos y detractores, sin embargo es una práctica posible cuando se desea iniciar una plantación de arándanos en condiciones climáticas ideales y se tiene un serio impedimento de suelo. A la fecha hay una serie de preguntas sin resolver como por ejemplo: ¿cuál es la vida útil de este tipo de plantación?, ¿Es más o menos productora que un cultivo en suelo?, ¿cuál es la relación aéreo radicular adecuada?, ¿cuáles son las dimensiones ideales de una maceta?, etc. Es necesario ahondar en estos y otros aspectos de manera de desarrollar un protocolo de manejo agronómico acorde a este sistema, a largo plazo y considerando las nuevas variedades de arándanos. Es importante destacar que a nivel nacional no existen todos los insumos necesarios para implementar este cultivo, especialmente aquellos relacionados con el tipo de contenedor, que en el caso que se quiera proyectar a mediano plazo, no se puede hacer sobre la base de bolsas plásticas u otro tipo de duración relativamente



corto. El costo de establecer un huerto en macetas es alto en términos de tiempo y mano de obra, más cuando se toma la decisión de realizar cambios de maceta en huertos ya en producción. Esto último trae consigo una pérdida de producción, especialmente en aquellas variedades de bajo requerimiento de frío, que prácticamente bajo las condiciones de la región de Coquimbo no entran totalmente en receso, por lo que el momento para realizar el traslado generalmente coincide con la época de floración.

De la experiencia recogida en este ensayo de macetas se puede destacar lo siguiente:

- Siempre es más importante el sustrato que el volumen.
- Lo ideal es mezclar sustratos con igual granulometría y evitar usar suelo.
- El vigor de la variedad debe ser considerado al momento de decidir el volumen de bolsa.
- La decisión de sustrato y volumen está influida además por una situación económica y estrategia de manejo a implementar.
- Se sugiere volúmenes sobre 30 L, para un buen rendimiento. Con estrategias intensivas de fortalecimiento de raíces en el establecimiento se sugiere volúmenes mayores.
- En volúmenes mayores, al inicio el crecimiento vegetativo puede ser menor al esperado, por la baja relación raíz: sustrato. En este caso se sugiere "ocupar" el volumen de sustrato por medio del fortalecimiento de raíces. Esto involucra un mayor aporte de agua, distribuido uniformemente a través del sustrato.
- Se deben establecer protocolos adecuados para lograr en menor plazo una mayor exploración de raíces y mejorar la eficiencia de fertirrigación.
- El manejo del riego es fundamental para lograr una producción y evitar deshidratación de plantas.
- El cultivo de maceta es una práctica que requiere de mayores estudios en un plazo mayor a 3 años, ya que sin duda el "ambiente radicular" en el transcurso de la plantación cambia y puede ser determinante en términos de asegurar una relación aérea: radicular que asegure una producción creciente.

6.8 Referencias consultadas

- Cough, R.E.1980. Root distribution of Coville and Lateblue highbush blueberry under sawdust mulch. J. Amer. Soc. Hort.Sci. 105(4):576-578.
- Cough, R.E.1994. The highbush blueberry and management. By The Harworth Press, Inc. p.272.
- Spiers, J.1995. Substrate temperatures influence root and shoot growth of southern highbush and rabbiteye blueberries. Hortscience 30(5):1029-1030.





7 IDENTIFICACIÓN Y MANEJO DE LAS PLAGAS DEL ARÁNDANO EN LA REGIÓN DE COQUIMBO

Patricia Larraín S.
plarrain@inia.cl
Claudio Salas F.
csalas@inia.cl

7.1 Introducción

El complejo de plagas asociadas a arándanos de la región de Coquimbo fue determinado a través de un estudio realizado entre enero del 2006 y febrero del 2010. Este consistió en un monitoreo sistemático de plantaciones comerciales de arándanos ubicadas en los Valles de Choapa, Limarí y Elqui. En el monitoreo se revisó quincenalmente 50 plantas por predio, realizando recuentos de las plagas encontradas y siendo éstas registradas en planillas de monitoreo. Cuando las especies no pudieron ser identificadas a nivel de campo se llevó muestras al laboratorio para su posterior identificación.

Entre las plagas determinadas, las que revisten mayor importancia económica, son el chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret) y *Proeulia auraria*; por constituir las plagas cuarentenarias que causan los mayores rechazos en arándanos en la Región al ser detectadas en los frutos a exportar, principalmente a los Estados Unidos (SAG, 2009).

Otras plagas como los gusanos blancos *Hylamorphia elegans* (Burm.), *Ligyris villosus* (Burm.) y los curculiónidos *Asynonychus cervinus* (Bohem.) y *Platyaspistes glaucus* Farh., cuyas larvas se alimentan de las raíces, pueden debilitar a las plantas y en altas poblaciones incluso causar la muerte de éstas.

Por otra parte, ataques generalizados de altas poblaciones de conchuela blanda de los cítricos, *Coccus hesperidum* Linnaeus; conchuelas negras, *Saissetia oleae* (Oliv.) y *S. coffeae* (Walk.); conchuela acanalada de los cítricos, *Icerya purchasi* (Mask.); escamas blancas, *Aspidiotus nerii* (Bouché) y *Hemiberlesia rapax* (Comst.); arañita roja, *Oligonychus vitis* Zah.&Sheh.; pulgón del algodón, *Aphis gossypii* (Glov.); cuncunillas, *Copitarsia decolora* (Guenée) y *Trichoplusia ni* (Hübner) y el trips californiano, *Frankliniella occidentalis* (Perg.), pueden ocasionar pérdidas de rendimiento o calidad de la fruta.

Además de los insectos y ácaros, los arándanos producidos en la Región de Coquimbo han sido afectados por fauna silvestre. Entre las especies silvestres que atacaron al arándano, las aves fueron las más relevantes. Éstas se alimentan del fruto a medida que éste madura y a menudo antes de que madure completamente. Entre las especies principales se han observado, chincoles, zorzaes, mirlos, tordos, loicas y tencas.



La protección del cultivo con mallas es la única estrategia que reduce completamente el daño de aves, sin embargo es caro y a veces implica dificultades para realizar otras labores en el predio. Por otra parte, se presentaron algunos ataques de conejos y liebres, los cuales se pueden evitar utilizando barreras mecánicas.

7.2 Plagas identificadas y su manejo

7.2.1 Plagas chupadoras de savia

1. Chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae)

Descripción: Hembras de 4- 5mm de largo, cuerpo ovalado y aplanado, con una sustancia cerosa de color blanco que recubre el cuerpo, y filamentos cerosos laterales.

Huevos de color amarillo a anaranjado, dentro de una estructura algodonosa. Las ninfas son similares en forma al adulto, pero de menor tamaño y también secretan ceras blancas que recubren el cuerpo color anaranjado.



Figura 7.1. Chanchito blanco de la vid, *Pseudococcus viburni* (Signoret)

Biología: En la región de Coquimbo, este insecto se presenta todo el año en sus diferentes estados. En invierno los ciclos son más largos y la mayor actividad se concentra entre mediados de primavera y otoño. Existen 3 a 4 generaciones al año las cuales se traslapan.

Distribución y hospederos: El chanchito blanco de la vid se distribuye en Chile entre la región de Arica y Parinacota y la del Bío- Bío. Se trata de una especie muy



polífaga y entre sus hospederos preferidos están: vides, manzanos, nectarinos, cerezos, frambuesos, arándanos, nísperos, granados y caquis.

Daño: Esta especie cuarentenaria constituye una de las plagas más importantes en la región de Coquimbo ya que causa el rechazo de las exportaciones. Los chanchitos blancos producen un daño “cosmético”, es decir, es su presencia en la fruta lo que deteriora el valor comercial de la producción. Los frutos son contaminados con ovisacos, estados móviles del insecto y la miel que ellos excretan. En altas poblaciones podrían reducir el vigor de las plantas.

Pautas de Manejo:

- **Monitoreo:** Revisión de 25 plantas completas por hectárea obtenidas de diferentes partes del predio (muestra representativa). Intensificar monitoreo desde septiembre hasta otoño, idealmente semanales. Utilizar lupa de 10 aumentos. Llevar registros.
- **Prevención:** Sanidad de plantas obtenidas de viveros. Densidad de plantación y poda que permita buena luminosidad y ventilación. Fertilización y riego balanceados. Control efectivo de malezas dentro y en los alrededores del predio. Protección de antagonistas a través del uso de insecticidas más selectivos.
- **Niveles críticos de la plaga:** Debido a su estatus cuarentenario, sería recomendable tomar medidas de control en cuánto se detecten infestaciones de chanchito blanco. Considerar si son ataques generalizados, de lo contrario aplicar sólo a los focos detectados.
- **Enemigos naturales:** Los predadores *Chrysoperla externa*, *Cryptolaemus montrouzieri* y *Leucopis* sp. se alimentan de distintos estados de chanchitos blancos. Algunas avispitas de los géneros *Pseudaphycus* y *Coccophagus*, parasitan a las ninfas de *P. viburni*.
- **Control químico:** Sólo si la plaga es detectada en el monitoreo debe hacerse con insecticidas registrados en Chile y en los países de destino de la fruta. (Ver cuadro insecticidas).

Entre los más efectivos están diazinon, imidacloprid y thiametoxam como ingrediente activo. Para que el tratamiento sea efectivo debe efectuarse un buen cubrimiento de toda la planta. Un factor relevante en el uso de insecticidas en arándanos es el cuidado con las abejas. Evitar aplicaciones en la floración. Escoger en lo posible aquellos productos con la menor toxicidad a las abejas. Asperjar cuando las abejas no estén presentes.

La aspersión debe secarse antes de que las abejas comiencen el forrajeo.

Debido a que muchos insecticidas aniquilan a los enemigos naturales, es aconsejable tratar áreas del huerto en forma selectiva (método de aplicación, producto a usar, aplicación en focos, etc.), lo que permitirá aumentar las



poblaciones de parasitoides y depredadores. Las hormigas deben ser controladas para permitir el incremento de enemigos naturales.

2. Conchuela blanda de los cítricos, *Coccus hesperidum* L. (Hemiptera: Coccidae)

Descripción: Hembras: Caparazón ovalada de 3-4 mm de largo. Son poco convexas, de color pardo amarillento a verdosa con manchas irregulares pardo oscuras. Antenas de 7 segmentos de las cuales el tercero carece de setas. Ninfas: son moteadas amarillas y de caparazón redonda a ovalada.



Figura 7.2. Conchuela blanda de los cítricos, *Coccus hesperidum* L.

Biología: Las hembras de la conchuela blanda, se reproducen generalmente en forma partenogenética (asexual), los machos son rara vez encontrados. Colocan entre 80-250 huevos los que maduran dentro del cuerpo de la madre produciendo pequeñas ninfas que permanecen por un tiempo bajo el cuerpo de la madre. Luego éstas salen y deambulan hasta fijarse en pecíolos, ramillas y hojas. Muy raramente se establece en los frutos. Muda dos veces antes de alcanzar la madurez. En la región de Coquimbo esta conchuela puede tener de 3-5 generaciones al año las cuales se traslapan. Las mayores poblaciones ocurren generalmente desde mediados de verano a mediados de otoño.

Distribución y Hospederos: Es una especie cosmopolita, en Chile se distribuye entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de la Araucanía e Isla De Pascua. Esta especie además de encontrarse en arándanos se puede encontrar en cítricos,



Daño: Extracción de savia. Con su alimentación reduce el vigor de las plantas, mata ramillas, y reduce rendimientos. Una característica de esta especie es que una gran cantidad de población se desarrolla sólo en una pequeña proporción de la planta o sólo en unas pocas plantas en el huerto. La secreción de “mielcilla” provoca el crecimiento de fumagina, la cual puede afectar la calidad de los frutos. La “mielcilla” atrae a las hormigas las cuales interfieren con el control biológico de las conchuelas. En la Región de Coquimbo se presentan infestaciones moderadas a severas de esta plaga.

Pautas de Manejo: Existen varios enemigos naturales de esta conchuela. *Coccophagus caridei* (Brethes), *C. lycimnia* (Walk.), *Metaphycus flavus* (How.), *M. helvolus*. (Comp.). Entre éstos el principal es *M. flavus*.

- **Monitoreo:** Revisión de 25 plantas completas por hectárea obtenidas de diferentes partes del predio (muestra representativa). El monitoreo debe incrementarse en los meses más templados (septiembre-abril), revisar los niveles de parasitismo, observando los orificios de salida de avispas desde el cuerpo de la conchuela.
- **Prevención y manejo cultural:**
 - Sanidad de plantas obtenidas de viveros.
 - Densidad de plantación y poda que permita buena luminosidad y ventilación.
 - Fertilización y riego balanceados.
 - Control efectivo de malezas dentro y en los alrededores del predio.
 - Eliminación de cortes de poda infestados de la temporada anterior.
 - Protección de antagonistas a través del uso de insecticidas más selectivos.
- **Control químico:** Actualmente los productos diazinon + aceite mineral, o imidacloprid + aceite, en el receso invernal están recomendados para el control de conchuelas. Debido a la dificultad para lograr un buen control de conchuelas se deben priorizar medidas preventivas y protección de controladores biológicos. Las hormigas pueden interrumpir el control biológico de esta plaga al proteger a la conchuela del ataque del parásito.

Las hormigas pueden controlarse mediante la aplicación de un cebo (30 ml) en la base de cada planta en envase plástico. Este cebo consiste en una solución del insecticida Thiametoxam (Actara 25WG), al 0,01% del producto comercial más 20% p/v de azúcar y agua. También puede utilizarse una aspersión de diazinon a la base de la plantas.

3. Conchuelas Negras, Conchuela negra del olivo *Saissetia oleae* (Olivier) y Conchuela hemisférica *Saissetia coffeae* (Walter)

Descripción: *S. oleae* Adultos: Cuerpo convexo de color café oscuro a negro, de 3-3,5 mm de diámetro. Se observa una H en el dorso.



Figura 7.3. Conchuela negra del olivo *Saissetia oleae* (Olivier)

S. coffeae Adultos: La hembra madura varía de 2 a 4 mm de largo. Caparazón de color marrón, dura, relativamente hemisférica, de superficie lisa y brillante; antena de ocho segmentos.



Figura 7.4 Conchuela hemisférica *Saissetia coffeae* (Walter)

En ambas conchuelas el primer estadio se denomina "crawler", larva móvil o ninfa migratoria, ésta es de cuerpo aplanado, amarillo pálido, miden entre 0,3 y 0,4 mm y son muy activas. Luego las ninfas posteriores miden entre 0,45 y 1,3 mm de largo.

Biología: En la región de Coquimbo estas conchuelas producen una generación y parte de una segunda. Las hembras, las cuales pueden reproducirse sin aparearse, depositan 1000 a 2000 huevos en un periodo de dos a tres meses, principalmente durante noviembre y diciembre. Los "crawlers", deambulan por algún tiempo antes de establecerse en las hojas. Posteriormente las ninfas mudan dos veces antes de alcanzar la madurez, donde se oscurecen y endurecen.

Distribución y Hospederos: Estas conchuelas son plagas de amplia distribución mundial y que además de arándanos, son capaces de atacar a numerosos frutales y arbustos perennes y caducos así como otras plantas anuales y malezas. Los ataques de estas plagas en arándanos de la región de Coquimbo se han presentado en varias localidades, pero generalmente en focos infestando sólo a unas pocas plantas.

Daño: La alimentación de estas conchuelas, reduce el vigor de las plantas, y eventualmente provoca la caída de hojas, frutos y muerte de ramillas. Los frutos pueden ser cubiertos con mielecilla, la cual permite el crecimiento de fumagina.

Pautas de Manejo: Seguir las indicaciones de monitoreo, prevención y control químico señaladas para la conchuela blanda de los cítricos.

Enemigos naturales: Los principales enemigos naturales de conchuelas negras son: *Metaphycus helvolus*, *M. flavus*, *M. lounsburyi*, *Coccophagus capensis*, *C. cardei* y *Scutellista caerulea*. La efectividad de los parásitos depende de la región, clima, y condiciones del huerto. Inviernos con temperaturas moderadas, favorecen el desarrollo de los parasitoides.

4. Conchuela cerosa de los cítricos *Ceroplastes cirripediformis* Comst. (Hemiptera: Coccidae)

Descripción: La hembra adulta presenta forma ovalada y hemisférica, presenta una cubierta cerosa de color blanquecino. Un carácter muy distintivo, es la presencia de 6 placas laterales subverticales.

Esta plaga no reviste importancia económica en arándanos y sus infestaciones han sido focos encontrados ocasionalmente.



Figura 7.5. Conchuela cerosa de los cítricos *Ceroplastes cirripediformis* Comst.

5. Conchuela Acanalada de los Cítricos *Icerya purchasi* Mask. (Hemiptera: Margarodidae)

Descripción: La hembra adulta es de cuerpo café rojizo con patas y antenas negras. Estas poseen un saco blanco estriado de aspecto algodonoso, proyectado hacia atrás del cuerpo, en el que guardan de 600 a 1000 huevos.

Biología: Las hembras pueden desarrollarse partenogenéticamente. De los huevos las ninfas emergen en unos pocos días con temperaturas de verano. Las ninfas de los primeros estadios se establecen normalmente en hojas y brotes y a medida que crecen vuelven a ramas de mayor diámetro. El largo de vida depende de la temperatura. En la región de Coquimbo ocurren varias generaciones.



Figura 7.6. Conchuela Acanalada de los Cítricos *Icerya purchasi* Mask.

Distribución y hospederos: La conchuela acanalada se encuentra en la mayoría de los países con clima templado y presenta un amplio rango de hospederos, mayoritariamente árboles y plantas ornamentales.

Daño: Como el resto de las conchuelas esta especie succiona savia desde las hojas, brotes y ramas del arándano. Infestaciones severas de esta especie pueden ocasionar defoliación, caída de frutos y muerte de ramillas, sin embargo en arándanos de la región, solo se han observado ataques en focos de unas pocas plantas.

Pautas de Manejo: Seguir indicaciones señaladas para las otras conchuelas.

Enemigos naturales: Dos predadores de esta plaga pueden reducirla en forma significativa, la chinita *Rodolia cardinalis* y la mosquita *Cryptochaetum icerya*.

En caso que estos controladores biológicos no logren establecerse y regular a esta



plaga es posible reducirla con los mismos productos insecticidas indicados para chanchitos blancos y otras conchuelas.

6. Escama blanca, *Hemiberlesia rapax* (Comstock) (Hemiptera: Diaspididae)

Descripción: Las hembras adultas son de forma oblonga, convexas, de color amarillo crema en los bordes exteriores, adquiriendo una tonalidad pardo grisáceo hacia el centro.

Biología: En la región desarrolla dos o tres generaciones al año.



Figura 7.7. Escama blanca, *Hemiberlesia rapax* (Comstock)

Distribución y hospederos: Especie distribuida entre las regiones de Arica y Parinacota a Aysén. Se cita como hospederos especies forestales, kiwi, mango, manzano, ornamentales, tamarugo, vid.

Daño: Infestaciones severas ocasionan daños en la calidad de la fruta, reducción de rendimientos y retraso en la madurez. En los frutos provoca manchas y deformaciones en el lugar donde se establece. Aunque éstas son plagas chupadoras a diferencia de las conchuelas no excretan mielecilla, por lo que no provocan la contaminación de frutos con ésta y con fumagina.

Pautas de manejo: Detectar infestaciones a través de un monitoreo constante. Revisar 25 plantas por hectárea.

Enemigos naturales: Los coccinélidos depredadores *Rhizobius lophantae*, *Coccidophilus citricola*, y parasitoides del género *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae), son los principales controladores biológicos de estas escamas.

Aplicaciones de aceites invernales con diazinon, junto a las medidas preventivas ya señaladas para conchuelas permiten un control de escamas.

7. Áfidos o Pulgones *Aphis gossypii* Glover, *Myzus persicae* (Sulz), *Macrosiphum euphorbiae* (Thom) (Hemiptera: Aphididae)

La especie de pulgón más importante encontrada colonizando brotes de arándanos en la región de Coquimbo, es el pulgón del algodón *Aphis gossypii*. Las otras dos especies sólo han sido detectadas en muestras aisladas.

Descripción: Hembra áptera virginópara: Cuerpo ovoide de 1,0-1,8mm de largo. Color variable, café ocre, o verde oscuro moteado, incluso azulado. Antenas café con la mitad crema, cauda y cornículos café negruzco.

Hembra alada virginópara: Cabeza tórax, antena cauda cornículos, negros, Abdomen con la misma variación de color que en la forma áptera. Largo del cuerpo 1,2 -2,0 mm.



Figura 7.8. Pulgón del Algodón, *Aphis gossypii* Glover.

Biología: Se desarrolla partenogenéticamente durante todo el año con generaciones ininterrumpidas.

Distribución y Hospederos: Esta especie está también ampliamente distribuida en casi todas partes del mundo. En cuanto a hospederos esta especie es altamente polífaga, infestando tanto plantas anuales y perennes como los arándanos.



Daño: Infestaciones severas de esta especie, provoca en general un menor desarrollo de brotes infestados, un posible aborto floral y pérdida de calidad por menor tamaño de frutos.

Pautas de Manejo: Este áfido presenta en Chile un buen número de parásitos y predadores que regulan su población. Entre los parasitoides, los aphidiidos, *Aphidius colemani*, *A. matricari* y *Lysiphlebus testaceipes*, y entre los predadores, los coccinélidos, *Adalia bipunctata*, *A. deficiens*, *Coccinellina reflexa*, *Eriopis connexa*, *Hippodamia convergens*, *Hyperaspis sphaeridiodes*, y *Scymnus bicolor*, el chrysopido *Chrysoperla* sp., el cecidómido, *Aphidoletes aphidimyza*, y los sírfidos *Allograpta hortensis* y *A. pulchra*.

Debido a que gran parte de este conjunto de enemigos naturales necesita tiempo para incrementar sus poblaciones y causar un efecto regulador de la plaga es aconsejable la aplicación temprana de áfidos selectivos para evitar el daño de las primeras colonias, y al mismo tiempo permitir el desarrollo posterior de estos enemigos naturales.

Monitoreo: Éste se realiza revisando al azar 25 plantas por hectárea y revisando especialmente los brotes con lupa de 10 aumentos. Los individuos alados que colonizan inicialmente el cultivo es posible detectarlos con trampas de pegamento amarillas o bandejas amarillas con agua y detergente. Ubicar las trampas en hileras bordes del cultivo.

Prevención y control cultural:

- Sanidad de plantas obtenidas de viveros.
- Densidad de plantación y poda que permita buena luminosidad y ventilación.
- Fertilización y riego balanceados.
- Control efectivo de malezas dentro y en los alrededores del predio.
- Eliminación de cortes de poda infestados de la temporada anterior.
- Uso de insecticidas selectivos.

Control químico: Aplicar sólo si se detectan colonias infestando los brotes. El áfido específico pirimicarb tiene registro para ser utilizado en arándanos en Chile y para exportación a EE.UU. Insecticidas como imidacloprid y thiametoxam, utilizados para control de chanchitos blancos, son muy efectivos en el control de pulgones.

7.2.2 Plagas masticadoras

1. Capachito de los frutales *Asynonichus cervinus* (Boh.) (Coleóptera: Curculionidae)

Descripción: Adulto de 7-9 mm de largo, color pardo grisáceo. Rostro cuadrado, corto, con largas antenas acodadas, más largas que la cabeza y el protórax. Larva de 9 mm de largo, blanca excepto las piezas bucales.

Biología: Los huevos son puestos en la corteza o en el suelo desde febrero a mayo, las larvas eclosionan desde fines de invierno a inicios de primavera, permanecen en el suelo por un año y pupan en diciembre del año siguiente. Parte de los adultos invernan entre la hojarasca. Desarrollan una generación al año.



Figura 7.9. Capachito de los frutales, *Asynonichus cervinus* (Boh.)

Distribución y Hospederos: Cosmopolita, en Chile se presenta desde la región de Coquimbo a la del Maule. Entre sus hospederos se encuentran alfalfa, arándano, duraznero, frambuesa, feijoa, frejol, frutilla, grosellero, limonero, manzano, naranjo, palto, papa, remolacha, rosál, trébol blanco, trébol rosado, zarzaparrilla.

Daño: Los adultos se alimentan en los márgenes de las hojas de arándanos. Su daño es localizado en algunas plantas, ya que es un insecto de distribución agregada. Las larvas se alimentan de raíces de sus hospederos y malezas. Se considera una plaga secundaria u ocasional.

Pautas de Manejo: Solo tratar plantas atacadas ya que no se presentan ataques generalizados.

2. Gusanos Blancos, *Hylamorphia elegans* (Burm.) *Ligyris villosus* (Coleóptera: Scarabaeidae)

Descripción: Adultos de hasta 1,8 cm de largo, color verde intenso. Larva es blanca, alargada, cilíndrica y en reposo adopta una posición curvada. Presenta cabeza rojiza y tres pares de patas bien desarrolladas.



Figura 7.10. Gusanos Blancos, *Ligyris villosus* (Burm.) *Hylamorpha elegans* (Burm.)

Biología. Las hembras depositan de 30-40 huevos bajo el suelo, preferentemente en suelos ricos en materia orgánica, y de textura suelta. De los huevos sale una larvita de 7,5 mm, que alcanza su tercer estadio (50 mm) en aproximadamente 10 meses. Este insecto desarrolla una generación al año.

Distribución y Hospederos: Cosmopolita, en Chile se presenta desde la región de Coquimbo a la del Maule. Entre sus hospederos se encuentran alfalfa, arándano, duraznero, frambuesa, frejol, frutilla, grosellero, limonero, manzano, naranjo, palto, papa, remolacha, rosal, trébol blanco, trébol rosado, zarzaparrilla.

Daño: Las larvas o gusanos blancos, se alimentan de las raíces y raicillas de plantas de arándanos causando generalmente la muerte de plantas atacadas. En algunas localidades de la región de Coquimbo se han encontrado plantas con más de 30 larvas por bulbo de raíces, pero estas larvas provenían de viveros del sur.

Pautas de Manejo

Monitoreo: Inspeccionar las raíces en busca de las larvas. El monitoreo de adultos de esta especie es posible a través del uso de trampas de luz.

Prevención y medidas culturales: Los sustratos, principalmente los obtenidos en el sur como viruta, aserrín, hojas de pino deben ser revisados ya que estas larvas se desarrollan en ellos, y posteriormente se alimentan de las raíces del arándano.

Enemigos naturales: Los principales enemigos naturales de gusanos blancos en Chile son el parasitoide taquínido *Morphodexia barrosi* (Brethes) y el hongo *Metarhizium anisopliae* (Mets.).

Control químico: La aplicación de productos como esfenvalerato en dosis de 200



cc por hectárea mojando bien el bulbo de raíces de plantas atacadas, producen un buen control de gusanos blancos.

3. Enrolladores de hojas *Proeulia auraria* (Clarke) (Lepidoptera Tortricidae)

Esta plaga junto con el chanchito blanco de la vid constituyen las plagas que causan los mayores rechazos de las exportaciones de arándanos como plagas cuarentenarias.

Descripción: Adultos con alas de escamas grises mezcladas con blancas y oscuras. La envergadura alar es de 25 mm. En reposo pliegan las alas como techo al lado del cuerpo. Las larvas miden al nacer 1,8-2,3 mm y atraviesan por cuatro estadios hasta alcanzar 22 mm de largo en pleno desarrollo. Son de color verde claro y cabeza castaño oscuro a negra en primeros estadios, luego en el estadio final la cabeza es verde amarillenta con una típica banda oscura en el costado.



Figura 7.11. Enrolladores de hojas, *Proeulia auraria* (Clarke)

Biología: Las hembras depositan masas de hasta cuarenta huevos aplanados de color amarillo verdosos sobre las hojas. Las larvas atraviesan por cuatro estadios. Invernan como larvita de primer estadio y luego en primavera las larvas de los estadios siguientes son las que ocasionan daño en follaje y frutos de arándano de la región de Coquimbo. Durante el verano el período larvario se completa en aproximadamente un mes.

Distribución y Hospederos: Esta plaga en Chile se presenta entre las regiones de Coquimbo y Maule. Además de arándanos es capaz de alimentarse en carozos, pomáceas, cítricos, vid, kiwi y otros.



Daño: Las larvas son el único estado de este insecto que causa daño con sus mandíbulas masticadoras. Estas son voraces y pueden alimentarse de las hojas, brotes, yemas y perforar frutos encontrándose en su interior en el momento de cosecha con lo cual ocasiona el rechazo de las exportaciones.

Pautas de Manejo: Por tratarse de una especie cuarentenaria, las tolerancias a esta plaga son muy bajas, ya que basta sólo la detección de una larva en un fruto, para que la partida de exportación de ese huerto sea rechazada.

Monitoreo: Los machos adultos pueden ser monitoreados utilizando trampas de feromona. Estas capturas indicarán la presencia y en forma relativa la abundancia de la población de *P. auraria*. (Mínimo 3 trampas por cada 12 hectáreas)

Es importante complementar el monitoreo con feromonas con la revisión de 25 plantas en busca de daños, larvas y huevos. Esta, indicará la presencia de este insecto en las plantas. Los daños en hojas de arándanos se destacan, ya que las larvas pliegan varias hojas pegándolas con hilos de seda, las que son fácilmente observables.

Enemigos naturales: Bracónidos de los géneros *Apanteles*, y *Bracon*, el eulófido *Elachertus* sp y el tachinidae *Ollacheryphe aenea*, son reportados como parásitos de larvas de *Proeulia*.

Sanidad y Manejo Cultural

Huertos caseros con hospederos naturales de *Proeulia* sin manejar, pueden ser el reservorio de la plaga para las futuras infestaciones en las plantaciones de arándanos. De ahí que los lugares aledaños a nuevas plantaciones de arándanos deben considerar este aspecto.

Mallas anti- insectos en producciones cerradas y bien manejadas, otorgan buena protección contra esta plaga.

Control Químico: Al detectarse esta plaga en los cuarteles de arándanos deben tomarse medidas de control. Los productos más selectivos que pueden utilizarse en el control de *Proeulia* son *Bacillus thuringiensis* y *Spinosad*.

4. Cuncunillas *Copitarsia decolora* (Guenée) ; *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae)

Descripción: Las larvas de *Trichoplusia* son verdes, usualmente con una franja delgada a lo largo de cada lado del cuerpo. Se identifican fácilmente ya que al caminar, juntan ambos extremos del cuerpo. Al completar su desarrollo miden alrededor de 4 cm de largo. Los adultos son mariposas de color pardo con una mancha plateada distintiva en forma de ocho en sus alas anteriores. Las larvas de *Copitarsia* no caminan juntando los extremos del cuerpo, presentan

variadas coloraciones dependiendo de su alimento y miden alrededor de 40 mm de largo en pleno desarrollo. Los adultos son de alas pardo grisáceas y en el primer para de alas presentan una mancha en forma de riñón.



Figura 7.12. Larva y adultos de la cuncunilla *Copitarsia decolora* (Guenée)

Biología: Las hembras colocan sus huevos en hojas, tallos o brotes del arándano, así como en malezas asociadas al cultivo. Una vez emergidas, las larvas comienzan a alimentarse y atraviesan por 6 estadios antes de pupar. El ciclo de vida completo dura aproximadamente 80 días a 20° Celsius. Los ataques en arándanos de la región han comenzado a salir de invierno, aumentando en octubre y noviembre.

Distribución y Hospederos: Ambas especies presentan amplia distribución, siendo citada su presencia desde la región de Arica y Paríacota a la de Aysén. Como hospederos preferidos se citan alfalfa, alcachofa, espárrago, frambuesa y raps para el caso de *Copitarsia decolora*. Por su parte para *Trichoplusia ni*, se citan repollos y otras crucíferas; alternativamente, en cucurbitáceas y solanáceas.

Daño: Las larvas de cuncunillas comen hojas, brotes y frutos de arándanos. Altas poblaciones de estas plagas pueden causar daños considerables si compromete los centros de crecimiento, aunque éstas normalmente no revisten importancia económica en arándano.

Pautas de manejo: Las cuncunillas tienen muchos enemigos naturales los cuales normalmente las mantienen en niveles bajos. Entre estos los parasitoides de huevos del género *Trichogramma*, parásitos de larvas de los géneros *Apanteles*, *Rogas* y moscas taquínidas.

Monitoreo: Éste se realiza revisando al azar 25 plantas por hectárea. Buscar daño de las larvas en frutos, hojas y brotes, así como huevos y larvas.

Control Químico: Sería recomendable una aplicación de un producto selectivo



como *Bacillus thuringiensis*, o bien de un piretroide cuando el promedio de larvas por planta sea igual o superior a uno.

Otro masticador que se presentó ocasionalmente dañando follaje de arándanos fue el langostón, ortóptero acrídido *Schistocerca cancellata* (Serv.). Este no constituye un problema que impacte económicamente al cultivo.

7.2.3 Otras plagas

Tanto arañas como trips producen otro tipo de daño en las plantas, ya que sus aparatos bucales consisten en pequeños estiletes con los que rompen tejidos superficiales de hojas y otros órganos de las plantas, desde donde obtienen savia.

1. Araña roja de la uva de mesa, *Oligonychus vitis* Zaher & Sherata

Descripción: Hembra globosa, de 0,6 mm de largo, ovalada, color rojo oscuro. Parte anterior y patas anaranjadas. Huevos esféricos lisos rojos.



Figura 7.13. Araña roja de la uva de mesa, *Oligonychus vitis* Zaher & Sherata

Biología: Desde inicios de primavera comienzan a aparecer los primeros individuos, principalmente en hileras bordes. Las mayores poblaciones se desarrollan en verano.

Distribución y Hospederos: Esta especie se encuentra presente entre la región de Atacama y la del Maule en Chile. Además de arándanos coloniza vid, eucalipto y pyracantha.

Daño: Con su alimentación produce un bronceado de la cara superior de las hojas



y clorosis. En algunos huertos de arándanos logra colonizar y alcanzar altas poblaciones que deben ser controladas, para evitar caída de hojas.

Pautas de Manejo: Se requiere monitorear cuarteles examinando hojas por el haz y el envés con lupa de 10 x. Mínimo muestrear 25 plantas por hectárea, cinco hojas por planta. En ausencia de enemigos naturales y con poblaciones mayores a 5 arañitas / hoja aplicar Bifentrin en dosis de 300 cc /ha.

2. Trips de California, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae)
Trips de Palto, *Heliothrips haemorrhoidalis* (Bouché).

Descripción: Insectos pequeños con cuerpo alargado y frágil, los adultos presentan dos pares de alas flecosas. Ninfas similares a los adultos, pero sin alas y de color amarillas o blancas.

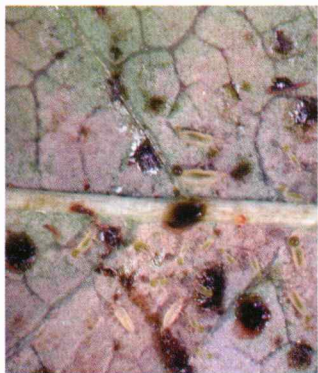


Figura 7.14. Trips de California, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) Figura 7.15 Daño de trips del Palto en hojas Figura 7.16 Daño fruto por trips

Biología. Son de reproducción principalmente partenogenética, cada hembra coloca un promedio de 80 huevos. Estos insectos se asocian principalmente al periodo de floración del arándano alimentándose de polen.

Daño: Con su aparato bucal raspador succionador, rompen células superficiales causando necrosis de tejido. La hembra al insertar sus huevos, deja un halo blanquecino que se visualiza cuando los frutos crecen. Se ha observado daños de trips en frutos de arándanos en la región.

Pautas de manejo: Se debe monitorear por lo menos 25 flores de cada cuartel o sector en forma representativa, y también utilizar trampas de stikem amarillas o azules.



Algunos insecticidas que controlan trips y están registrados en arándanos son Spinosad (Success) y Abamectina (Vertimec, Fast).

3. Chicharra grande común *Tettigades chilensis* Am. & Serv. (Hemiptera: Cicadidae)

Daño: Por la ovipostura de este insecto, en la región de Coquimbo se produce ocasionalmente. Durante el estudio se registró un ataque sólo en primavera de la temporada 2009. Estos insectos tienen ciclos largos de vida y cuando los completan emergen las hembras y buscan hospederos leñosos para colocar sus huevos. El daño en ramillas leñosas es causado por el ovipositor de la hembra.

En el cuadro 7.1 se indican los períodos de mayor ocurrencia de las plagas de acuerdo al estado fenológico del arándano.

7.3 Aspectos relevantes del Manejo Integrado Plagas (MIP)

El monitoreo debe ser una prioridad para todos los productores de arándanos. Si bien se requiere de tiempo y esfuerzo, es necesario visitar las plantaciones por lo menos una vez a la semana durante el periodo de crecimiento. Se puede revisar plantas individuales con una lupa de aumento 10x. Revisar un número de plantas por hectárea que entregue información confiable, y representativa de todos los sectores (mínimo 25 plantas). Es importante llevar registros de estas capturas en cada predio.

Además de las medidas de prevención y de manejo cultural entregadas para cada plaga, un productor exitoso de arándanos también requiere de una estrategia de aplicación de pesticidas planificada cuidadosamente y basada en los niveles de plagas detectadas a través del monitoreo.

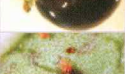
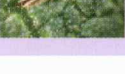
El uso de pesticidas en arándanos debe cumplir con todas las normativas vigentes partiendo por la selección de aquellos productos con registro en el país importador así como con el registro para su uso en Chile otorgado por el Servicio Agrícola y Ganadero, los cuales deben ser constantemente revisados ya que se producen cambios frecuentes (Cuadro 7.2).

7.4 Conclusiones

Las plagas principales que atacan al arándano en la región de Coquimbo son: chanchitos blancos (*Pseudococcus viburni*) y la polilla enrolladora (*Proeulia auraria*), por su importancia como plaga cuarentenaria para Estados Unidos y otros mercados. Conchuela blanda de los cítricos (*Coccus hesperidum*); pulgón del algodón (*Aphis gossypii*); y arañita roja (*Oligonychus vitis*), como plagas con potencial de causar pérdidas directas por las poblaciones que alcanzan en el cultivo.



Cuadro 7.1. Períodos de mayor ocurrencia de plagas en arándanos variedad O’Neal, Región de Coquimbo.

PLAGAS	Caída de hojas a Yema hinchada	Botón rosado a floración	Plena flor caída de pétalos	Fruto cuajado a fruto pintón	Inicio de cosecha	Plena cosecha	Post cosecha
	Abril-Junio	Julio	Julio-Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre Abril
							
							
							
							
							
							
							
							
							
							
							
							
							
							



Cuadro 7.2. Algunos insecticidas y acaricidas con Registro SAG y en países importadores de arándanos.

Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	LMR's y Carencia			
			EE.UU.		Europa	
			ppm	Días	ppm	Días
AzinfosMetil	Gusathion M35% WP	165-185 g/Hl	5	5	0,05	70
	Acifon 35WP					
	Cotnion 35 WP					
Metomil	Metomil 90 PS	0,5-1 Kg/ha	6	7	0,02	-
	Metomilhidro 90 PS					
	Kuik 90 SP					
Imidacloprid	Confidor® Forte 200 SL	80-100 cc/Hl	3,5	10	5	7
	Confidor® 350 SC	40-60 cc/Hl				
Spinosad	Success® 48	7-12 cc/Hl	0,25	5	0,3	5
	Entrust®	4-g/Hl				
Phosmet	Imidan® 70 WP	200-400 gr/Hl	10	10	10	10
Thiametoxan	Actara® 25WG	40-60 gr/Hl	0,2		0,05	
Abamectina	Abamite® 1,8 EC	80-100 cc/Hl	ST	-	0,01	10
	Vertimec® 0.18 EC	75-100 cc/Hl				
	Romectin® 1,8 EC	80-100 cc/Hl				
Azadiractin	Neem X	1-L/ha	Exento	Exento	1	0
Polisulfuro de calcio	Polisulfuro 29		Exento	Exento	Exento	Exento
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel® WG	500-750 g/ha	Exento	Exento	Exento	Exento

LMR: Límite máximo de residuos

Fuente: Asociación de Exportadores de Chile, A.G. Fecha de última actualización 08/02/2011.





8 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CULTIVO DEL ARÁNDANO CV. MISTY EN LA LOCALIDAD DE VICUÑA, REGIÓN DE COQUIMBO

Paula Torres Órdenes
ptorreso@inia.cl

8.1 Introducción

El país representa el 49,9% de la fruta fresca exportada desde el hemisferio sur, y dentro de su oferta uno de los productos que ha ido ganando terreno son los berries, de los que Chile es el principal país exportador del hemisferio y el quinto en el mundo (FIA. 2009). El arándano es el más destacado de la oferta nacional de berries destinados a la exportación, tanto por volumen de producción como por ventas. Según cifras de Berries of Chile (2010), en la temporada 2005/06 se exportaron 15.065 toneladas de arándanos, superando por lejos a las frambuesas (4.342 t), moras (65 t) y frutillas (62 t).

La evolución del cultivo de arándanos en Chile ha tenido un crecimiento exponencial acelerado en los últimos 10 años, desplazando su horizonte de producción hacia la zona norte del país, específicamente hasta la región de Coquimbo. Si bien en este territorio de zonas áridas las condiciones edáficas son poco favorables para el desarrollo de este cultivo, en comparación con la zona central, los agricultores acogieron este desafío dada la oportunidad de cosechar tempranamente para lograr mejores precios de venta y por lo tanto una actividad más rentable.

Asociado a lo anterior, el proyecto denominado “Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces en variedades híbridas de arándanos”, ejecutado por INIA y cofinanciado por FIA, nace por la necesidad de buscar una alternativa de sustrato para el cultivo del arándano de menor costo, y entregar pautas para el establecimiento y manejo de esta especie, considerando las características de suelo y calidad de agua de la zona norte.

Las evaluaciones realizadas por este proyecto, durante el período 2007-2009, se aplicaron en las variedades Misty y O’Neal, las cuales representaban la mayor superficie del cultivo de arándano en la región de Coquimbo.

Si bien, en el marco de este proyecto se levantó información para ambas variedades, los resultados de esta evaluación económica se exponen sólo para la variedad Misty. Lo anterior debido que, considerando el comportamiento productivo característico de las variedades de arándano estudiadas en este proyecto (O’Neal menos productiva que Misty) y las dos temporadas de producción evaluadas, se determinó que no era posible evaluar comparativamente ambas variedades desde un punto de vista económico, con los antecedentes obtenidos en este



proyecto, por lo tanto se optó por presentar solo lo referido a Misty. Suma a estos antecedentes, la situación en retirada de la variedad O'neal, cuya superficie plantada está sufriendo recambios por otras variedades más productivas y de mejor respuesta en esta región.

El objetivo de este capítulo es entregar los resultados de la evaluación económica del cultivo de arándano en la localidad de Vicuña, región de Coquimbo, bajo las condiciones técnicas y supuestos generados por el proyecto individualizado anteriormente.

8.2 Escenario Internacional y nacional del mercado de arándanos

De acuerdo a lo descrito por FIA (2009), la superficie plantada de arándanos en el mundo llegó a algo más de 60.000 ha el año 2007, de la cual el 71% se concentra en países del hemisferio norte. La superficie plantada de arándanos en este hemisferio norte ha aumentado explosivamente durante los últimos años, como resultado de los mayores precios que esta fruta ha alcanzado en el mercado. Las mayores superficies se encuentran en EE.UU. (27.345 ha), Canadá (7.203 ha) y Polonia (2.711 ha), mientras que el resto se distribuye entre algunos países bálticos y otros europeos con superficies menores. Cabe destacar la participación de México en las exportaciones, quienes hace unos 10 años están incursionando en el cultivo de este berry en el estado de Jalisco principalmente. Hasta el año 2009, en esta localidad de México se registraban aproximadamente unas 300 ha de arándanos y la meta propuesta es llegar a las 4.000 ha en el próximo sexenio, para lograr una participación de mercado del 12% a nivel mundial (OEM. 2009). En el oriente se destacan las plantaciones realizadas en China, que llegan a las 1.872 ha.

Un crecimiento aún más acelerado han tenido las plantaciones en el hemisferio sur, de cara a la extensa ventana de mercado que existe para el producto entre los meses de octubre y abril; y particularmente en respuesta a las oportunidades que ha abierto el persistente aumento del consumo de arándanos frescos en EE.UU. Al año 2007, la superficie plantada en el hemisferio sur alcanzó las 16.789 ha, superior en casi 11.000 ha a la existente en 2003 (tasa anual de crecimiento 30% aprox.). En esta expansión han participado principalmente Chile y Argentina, y en una medida bastante menor Australia, Nueva Zelanda, Uruguay y Sudáfrica.

8.2.1 Ámbito Internacional y la competencia para Chile

El mercado mundial de arándanos ha presentado un crecimiento anual de un 20% y transa cerca de 1 millón de toneladas anuales, de las cuales el 95% es producido por EE.UU. y Canadá. Dichos países productores, a su vez corresponden a los principales países consumidores, por lo tanto se infiere que el mercado se encuentra concentrado en el hemisferio norte. Esta situación hace que el mercado presente un desabastecimiento durante los meses en que finaliza y comienza la



cosecha local de los consumidores de arándanos, es decir entre octubre y mayo. Es en este periodo en que los países productores del hemisferio sur, tales como Chile, Argentina, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica, responden a esta demanda insatisfecha y creciente de los consumidores del norte, generándose una importante oportunidad comercial.

De acuerdo a Fruticultura Sur (2010), respecto a la temporada 2009/2010, las exportaciones de arándanos del hemisferio aumentaron en un 20% más que la temporada anterior, llegando a las 58 mil toneladas. El total de la oferta austral se distribuyó de la siguiente manera: Chile; 77%, Argentina 21% y Uruguay; 2%. En esta temporada la participación argentina se mantuvo sin cambios, la chilena se incrementó y la uruguaya se redujo levemente con respecto al año pasado (-6%).

Las ventas externas de Argentina fueron de 12.360 toneladas, 7% más que en 2008/09, aunque hubo un incremento, fue mucho menor a lo proyectado a comienzos de la temporada. El problema no fue tanto la adversa situación en los mercados, sino el clima, que no permitió que se expresara todo el potencial productivo de las diferentes regiones.

La temporada se inició entre 2 y 4 semanas más tarde. Los primeros envíos se realizaron en septiembre y fueron destinados al Reino Unido. Luego, se intensificaron los envíos a Estados Unidos, país al que se exportó un total de 8.200 toneladas. Dentro de Europa, el Reino Unido importó 2.270 toneladas y Europa continental 1.090 toneladas. Se enviaron volúmenes reducidos a Asia (210 toneladas) y a Canadá (610 toneladas). En este último caso, los envíos aumentaron un 40% con respecto al año pasado.

Gracias a que la oferta fue menor a lo esperado y se adaptó bien a la demanda, los precios fueron en general satisfactorios. En Estados Unidos se mantuvieron entre los valores de la temporada pasada y 2007/08. En Europa se ubican en niveles similares al año pasado o levemente por encima aunque en general por debajo del 2007/08. En Asia fueron similares al año pasado.

Por su parte, Chile logró exportar hasta fines de junio 49.400 toneladas, un 20% más que la temporada 2008/09. Prácticamente todos los destinos recibieron más. También en este caso se esperaba un incremento mayor, pero la cosecha fue afectada por un retraso en la maduración de la fruta, rendimientos menores a lo esperado y pérdidas de cosecha por lluvias. Hacia el final de la temporada el terremoto alteró las últimas semanas de embarques. A pesar de todo, la temporada fue satisfactoria. Esto se debe a que los precios en los mercados destino fueron atractivos, frecuentemente superiores a otros años, por lo cual los productores y empresarios tuvieron un resultado económico satisfactorio gracias al mayor volumen exportado y a los precios aceptables.

Al igual que en Argentina, la temporada con temperaturas más frescas, retrasó la maduración. Los volúmenes embarcados entre diciembre y principios de enero



fueron limitados. Recién a fines de enero se registró un fuerte incremento de los embarques. El pick de envíos se dio a fines de enero-febrero, cuando normalmente se da entre fines de diciembre-enero.

Luego del terremoto la cosecha de muchos cultivos se vio complicada por la gran deserción laboral. Pero en arándanos no fue el caso debido a que las regiones que quedaban por recolectar se ubican más al sur de las zonas afectadas, donde predominan las explotaciones del tipo familiar. Lo que más afectó la recolección en las regiones más australes fueron las frecuentes lluvias, prácticamente todas las semanas hubo que interrumpir algún día la cosecha por las lluvias.

A Estados Unidos se destinaron 35.960 toneladas. Este destino sigue siendo el principal para Chile. Al igual que el año pasado recibió el 78% de los embarques. Por lo cual el sector arándanero chileno tiene una total dependencia con este país, hecho que no se modificó en los últimos años, a pesar de los esfuerzos realizados por diversificar los destinos. Al Reino Unido se enviaron 3.715 toneladas mientras que Europa fueron 3.050 toneladas. En conjunto es el destino que más creció. Los volúmenes prácticamente se duplicaron con respecto al 2007/08. Gracias al aumento de los envíos, también incrementó su participación de Europa dentro de las exportaciones chilenas. Este año recibió el 14% de los envíos frente al 12% de la temporada anterior. Algo se dirigió a Canadá (240 toneladas) y Asia (1.425 toneladas). Esta última región registró un aumento importante de los arribos. Con respecto a su importancia dentro de las exportaciones chilenas, mantuvo su porción del 3%. Los envíos hacia Canadá se cuadruplicaron. El aumento es aún más marcado cuando se compara con 2007/08 cuando Chile solo envió a Canadá sólo 21 toneladas de arándanos.

Los precios de esa temporada, en Estados Unidos, se iniciaron con cotizaciones elevadas que se mantuvieron así durante el grueso de la temporada (enero-febrero). Pero en los últimos meses (marzo-abril) los precios cayeron dado que la oferta fue voluminosa para la época del año. En el Reino Unido y Europa continental los valores se mantuvieron durante gran parte de la temporada en niveles atractivos, superiores a los de la temporada anterior.

La participación uruguaya continúa aumentando año a año. Los últimos 2 años de registros (2008 y 2009) muestran un importante crecimiento. Se alcanzaron volúmenes de entre 1.160 y 1.190 toneladas, casi el doble que en 2007. Las principales características de la temporada el retraso de dos semanas en el inicio y el menor volumen exportado, 40% por debajo de los estimado. Sumado a esto, los factores climáticos, bajas temperaturas y frecuentes lluvias, perjudicaron las plantaciones. En este país la temporada comienza a fines de septiembre y finaliza en enero. El pick de envíos de esta temporada se dio a fines de noviembre, mientras que la temporada pasada y en el 2007 se había dado a mediados de este mismo



mes. A diferencia de Argentina y Chile, en Uruguay los mayores volúmenes van a Europa (57%, 42% Europa Continental y 15% Gran Bretaña) y en segundo lugar se ubica Estados Unidos, destino del restante 43% del volumen exportado.

8.2.2 Ámbito Nacional

Chile es el tercer productor mundial de arándanos y el primero entre los países de contraestación. Ha sido el principal abastecedor de arándanos de EE.UU., con una participación cercana al 90% de las importaciones (FIA, 2009).

Según cifras de la Federación de Exportadores de Fruta (Fedefruta), al año 2005 en Chile existían 3.518 ha de arándanos, sin embargo las cifras del último Censo Agropecuario (INE, 2007), reflejan una superficie total plantada de 10.763 ha, de las cuales 4.768 ha se encuentran en producción. Actualmente la oferta chilena de este berry fluctúa entre los meses de octubre a mayo, concentrando más del 60% de la producción entre los meses de diciembre y febrero. Lo anterior se debe, en parte, porque el 82% de las plantaciones del país, se encuentran ubicadas en las regiones del Maule, Bío-Bío, Araucanía, Los Lagos y de Los Ríos (Cuadro 8.1).

Cuadro 8.1. Superficie plantada de arándanos en Chile, 2007.

Zona geográfica Regiones	Épocas de producción	Superficie plantada	
		ha	%
Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana	Octubre-Diciembre	998,7	9%
O'Higgins Maule, Bío-Bío	Noviembre-Febrero	6.218	58%
Araucanía Los Lagos y de Los Ríos	Diciembre-Abril	3.544	33%
TOTAL		10.763	100%

Fuente: INE. 2007

En algunos sectores de la región de Coquimbo se obtiene la producción más temprana de arándanos en Chile, siendo ésta zona el límite norte de las plantaciones de este cultivo en nuestro país. Sin embargo, la mayor parte de la cosecha se concentra en el mes de noviembre. Según el último Catastro Frutícola al año 2005 la región de Coquimbo contaba con 36,5 ha de arándanos (CIREN, 2005), luego en el Censo Agropecuario del 2007 se registraron 290 ha (INE, 2007), de las cuales 42,6 ha estarían en producción. Sin embargo, estimaciones recientes realizadas por INIA (2010), establecen que actualmente en la Región de Coquimbo existen alrededor de 420 ha plantadas con arándanos, concentrándose principalmente en la provincia del Limarí.



En cuanto a las exportaciones realizadas por la Región de Coquimbo, según antecedentes de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA, 2010), el volumen exportado de arándanos (Código SACH 08104020, glosa Arándanos azules o blueberry frescos) se ha incrementado notablemente desde el año 2007 a la fecha. En el año 2009 las exportaciones de este producto en la región de Coquimbo crecieron más del 100% respecto al año anterior, pasando de 786,6 a 1.627 toneladas (Figura 8.1). Cabe destacar que la información publicada por ODEPA con información del Servicio Nacional de Aduanas, puede tener cierta distorsión en sus cifras, debido que existe un desfase entre el periodo de las exportaciones realizadas y el registro de esta información. Por otra parte, esta fuente sólo indica el volumen exportado y registrado por esta región, pero no indica el origen del producto, el cual puede ser producido o no en la región de Coquimbo.

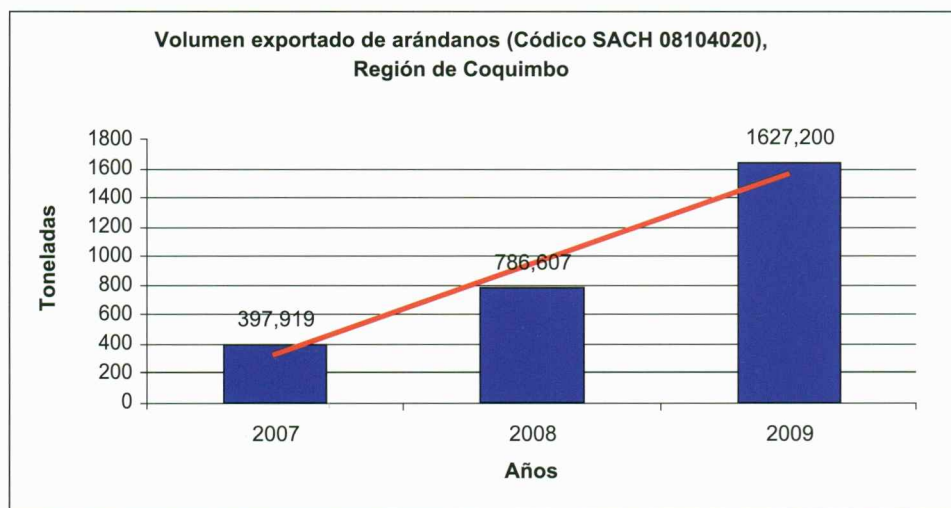


Figura 8.1. Evolución de las exportaciones de arándanos de la región de Coquimbo (ODEPA, 2010).

La comercialización al mercado externo se realiza casi totalmente a través de las empresas exportadoras presentes en la región, tales como Driscoll's, Hortifrut, Vitafoods, Rhon Cottle, Vital Berry y South Pacific. Estas empresas reúnen volúmenes de fruta tanto de su propia producción como de las superficies que tienen bajo contrato con agricultores locales.

Si bien, la Región de Coquimbo cuenta con condiciones climáticas favorables para la producción temprana de arándanos, los volúmenes aún son bajos respecto



a la producción total del país (equivalentes al 9%, según INE, 2007), ya que inicialmente se utilizaron variedades poco productivas, o muchas de las plantaciones se realizaron en sectores inadecuados, además de la existencia de limitaciones agronómicas (suelo, salinidad, pH) ha impedido mantener un efectivo crecimiento. Adicionalmente a lo anterior, los costos elevados para el establecimiento de las plantaciones han impedido un mayor incremento de la superficie y por ende el volumen de cosecha, desaprovechándose el peak de precios que se presenta a inicios de temporada.

8.3 Evaluación Económica

Para la realización de esta evaluación económica, se utilizaron los antecedentes requeridos por la metodología clásica de evaluación de proyectos. Se recopilaron los datos generados por este proyecto así como también se aplicaron supuestos para la realización de proyecciones en un horizonte de 10 años. A continuación se detallan los antecedentes recopilados y supuestos aplicados para esta evaluación económica.

8.3.1 Antecedentes generales y supuestos:

- Se considera una plantación de arándanos variedad Misty, ubicada en la localidad de Vicuña, Región de Coquimbo.
- La unidad de análisis corresponde a 1 ha de arándanos plantadas en terreno (no en macetas), con una densidad de plantación equivalente a 4.167 plantas/ha, debido al marco de plantación, considerado de 3 m x 0.8 m. La evaluación se realiza para un horizonte de 10 años.
- Se considera una inversión inicial de M\$16,6/ha para el establecimiento del huerto y su óptimo funcionamiento (Cuadro 8.2). Para la implantación de un huerto de arándanos en la región de Coquimbo, se considera una inversión importante en el acondicionamiento del suelo con sustratos que permitan mejorar sus características físicas y químicas (porosidad, acidificar pH), la instalación de sombreamiento con malla raschel, para disminuir la intensidad de la radiación en la plantación y riego tecnificado por goteo para la optimización en el uso del recurso hídrico. No se considera el costo de la tierra.
- Se considera un capital de trabajo inicial de M\$ 2,464/ha, para solventar los costos que no quedan cubiertos por los ingresos en sus primeros años de operación. El cálculo se realizó de acuerdo al método de déficit acumulado.
- El proyecto refleja los rendimientos de una plantación de arándanos con 4.167 plantas/ha. A partir del año 3 los rendimientos se proyectan de acuerdo al comportamiento esperado, y desde el año 6 se mantiene constante hasta el final del periodo de evaluación, en alrededor de 10.000 kg/ha. Se estima un volumen exportable de 95% y la diferencia destinada al mercado nacional.

Cuadro 8.2. Inversiones para un huerto de arándanos en la Región de Coquimbo.

Item	Costo total (\$)
Plantas var. Misty	4.462.500
Sustrato Aserrín	3.712.800
Preparación de suelo y plantación	1.066.000
Sombreamiento (malla raschel e instalación)	4.336.600
Sistema de riego	2.500.000
TOTAL INVERSION	16.577.900

Fuente: INIA, 2010.

Cuadro 8.3. Rendimiento de arándanos (kg. /ha) y destino de la producción (%).

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Producción por Planta Misty Kg.	0	0,30	0,78	1,2	1,8	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Producción kg./ha Misty	0	1.250	3.250	5.000	7.500	10.417	10.417	10.417	10.417	10.417
Vol. Exportación (95%)	0	1188	3088	4750	7125	9896	9896	9896	9896	9896
Vol. Mercado interno (5%)	0	63	163	250	375	521	521	521	521	521

Fuente: INIA, 2010.

- Los costos directos anuales de la plantación se diferencian en dos ámbitos: mantención del huerto y cosecha y embalaje de la fruta de exportación.
- Los costos asociados a la mantención del huerto involucra los insumos para la fertilización, control de plagas y enfermedades, control de malezas, riego, aplicación de cianamida, polinización, aplicación de mulch orgánico, poda y otras actividades para el manejo productivo, además de la mantención del huerto (recambio de malla Raschel, entre otros).
- La cosecha y embalaje son uno de los costos más importantes para una explotación agrícola en el rubro de arándanos, dado que es muy concentrada (2 meses) y de alto valor. Para determinar su costo, primero



se debe determinar el requerimiento de mano de obra. Para eso se utilizaron los siguientes supuestos: Cosecha: 15 kg/JH (años 1-3) y 18 kg/ha (años 4-10), y Embalaje: 45 kg/JH. El valor considerado para el costo de la mano de obra es de \$ 10.000/JH.

- Los costos indirectos considerados para esta evaluación, corresponden a los estimados para un huerto de arándanos en la región de Coquimbo (FIA, 2009) equivalente a M\$ 1,3/hectárea. Se ha supuesto que durante el primer año éstos alcanzan al 30% del total, suben a 75% al año siguiente y al 100% en los años sucesivos (desde el año 3 al año 10) (FIA, 2009).
- Respecto a los ingresos, éstos se proyectaron en función de los antecedentes de producción, el volumen exportable y el precio y retorno a productor. En esta evaluación se supuso un precio de retorno a productor de US\$ 4,5/kg, por considerarse un valor conservador, tomando en cuenta el comportamiento del mercado en las últimas temporadas y en las tendencias estimadas. En cuanto al mercado nacional, se determinó un precio a productor de \$400/kg.

Cuadro 8.4. Costos directos: mantención del huerto

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 - 10
Fertilización	329.867	358.020	296.649	296.649	296.649	296.649
Plaguicidas	49.344	181.483	70.365	70.365	70.365	70.365
Control de malezas	220.000	220.000	220.000	220.000	220.000	220.000
Clanamida	0	0	66.630	66.630	66.630	66.630
Riego	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000	250.000
Polinización	0	120.000	120.000	240.000	240.000	240.000
Poda	50.000	140.000	180.000	180.000	180.000	180.000
Mulch orgánico	230.000	115.000	0	115.000	0	115.000
Otros	70.000	170.000	170.000	170.000	170.000	170.000
Total	1.199.211	1.554.503	1.413.645	1.648.645	1.533.645	1.648.645

Fuente: INIA, 2010.

² Tipo de cambio utilizado: \$ CH 1 - US\$ 500



Cuadro 8.5. Costos directos: cosecha y embalaje

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 - 10
Producción Kg/ha Misty	0	1.250	3.250	5.000	7.500	10.417
Requerimiento mano obra cosecha	0	83	217	278	417	579
Costo mano obra cosecha (\$)	0	833.333	2.166.667	2.777.778	4.166.667	5.787.037
Producción exportable (95%)	0	1188	3088	4750	7125	9896
Requerimiento mano obra embalaje	0	26	69	106	158	220
Costo mano obra embalaje (\$)	0	263.889	686.111	1.055.556	1.583.333	2.199.074

Fuente: INIA, 2010.

Cuadro 8.6. Costos indirectos: administración y otros

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 - 10
Administración y otros (\$)	374.400	936.000	1.248.000	1.248.000	1.248.000	1.248.000

Fuente: INIA, 2010.

Cuadro 8.7. Ingresos estimados

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 - 10
Venta exportación (95%)	0	2.671.875	6.946.875	10.687.500	16.031.250	22.265.625
Venta mercado nacional (5%)	0	25.000	65.000	100.000	150.000	208.333
Total Ingresos operacionales (\$)	0	2.696.875	7.011.875	10.787.500	16.181.250	22.473.958

Fuente: INIA, 2010.



8.3.2 Resultados

- De los antecedentes mencionados, se desprende que el establecimiento de este huerto de arándanos, bajo las condiciones técnicas establecidas por este proyecto, generarían márgenes brutos significativos positivos a partir del tercer año, los que continúan creciendo hasta el año seis, momento en el que se estabiliza.

Cuadro 8.8. Margen bruto estimado.

Ítem	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6 - 10
Ingresos	0	2.696.875,00	7.011.875,00	10.787.500	16.181.250,00	22.473.958,33
Costos Directos	1.199.210,77	2.651.725,34	4.266.422,94	5.481.978,50	7.283.645,17	9.634.756,28
Margen bruto	(1.199.210,77)	45.149,66	2.745.452,06	5.305.521,50	8.897.604,83	12.839.202,06

Fuente: INIA, 2010.

- Los indicadores de rentabilidad obtenidos para un huerto de arándanos var. Misty en la región de Coquimbo, bajo los antecedentes y supuestos generados por este proyecto, en un horizonte de evaluación de 10 años, son los siguientes:

Cuadro 8.9. Indicadores de rentabilidad

Indicador	Valor
Valor actual neto (VAN (12%))	\$ 11.130.203
Tasa interna de retorno (TIR)	19,47%
Período de retorno de la inversión (PRI)	6 años

Fuente: INIA, 2010.

8.4 Conclusiones

Tomando en consideración lo que ocurre técnica y económicamente en el rubro arándano, especialmente bajo las condiciones de la región de Coquimbo y en este proyecto, esta evaluación presenta las siguientes conclusiones:



- El cultivo de arándano, bajo las condiciones técnicas y supuestos generados por este proyecto, presenta una rentabilidad positiva cuya recuperación de la inversión ocurriría en un periodo de 6 años.
- Los resultados económicos e indicadores de rentabilidad entre la situación con y sin proyecto, presentan diferencias significativas, alcanzando un TIR sin proyecto de 10% y con proyecto de 19,47%. Por otra parte, al formular este proyecto el año 2005, se había realizado una proyección de rentabilidad de la situación con proyecto que alcanzaba un TIR de 66%, la cual no fue obtenida. Se atribuye este resultado a que las condiciones económicas del año en que se presentó este proyecto (2005) permitieron el establecimiento de supuestos más optimistas respecto a la actual situación del cultivo. Sin embargo, a pesar de la disminución del precio pagado a productor y los altos costos de producción en relación a la zona central, el cultivo sigue presentando márgenes positivos, de acuerdo a los resultados obtenidos y supuestos establecidos por este proyecto.
- Respecto a los precios, en los últimos años han tendido a la baja respecto a sus primeros años de cosecha en esta zona, sin embargo se han mantenido estables, en alrededor de US\$ 4/Kg, y se espera que se mantengan así, ya que se visualiza un equilibrio en la oferta.
- El incremento en la rentabilidad de este cultivo en la zona norte de Chile está asociada directamente al aumento en los niveles de producción, lo cual se traduce en recomendaciones asociadas a aumentar los rendimientos del cultivo, para lo cual se deben considerar no solo técnicas de manejo adecuadas a zonas áridas (riego, suelo, sustrato, pH), sino que también a la incorporación de variedades más productivas, en comparación a las tradicionales O'Neal y Misty.
- Un factor de costo de gran relevancia para este cultivo es la cosecha, ya que en esta actividad se concentra el 70-80% de los costos anuales de producción. Por tal razón todos los esfuerzos deben volcarse hacia una mayor concentración del periodo de cosecha (idealmente no extenderse más allá de noviembre), tanto para optar a mejores precios como para disminuir los costos asociados a esta actividad.
- Por otra parte, las nuevas exigencias del mercado incorporan variables que deben atenderse adecuadamente para no sufrir efectos que tiendan a disminuir los porcentajes de producción exportable, lo cual también afecta directamente la rentabilidad del cultivo (por ej. aumento de calibre de bayas, entre otros).
- Respecto al contexto internacional en el que se desarrolla este cultivo, cabe mencionar que el mercado de arándanos sigue manteniendo una tasa de crecimiento interesante a nivel internacional. Si bien EE.UU. sigue siendo el principal mercado de destino para los arándanos nacionales, se abre la posibilidad de diversificar las exportaciones hacia países europeos y asiáticos, los cuales se visualizan con gran potencial dado su poder de compra. Finalmente, en el hemisferio sur la tendencia a incorporar mayor superficie



de este berry se mantiene de manera importante, lo que significa una mayor oferta por parte de los países competidores de Chile (Argentina y Uruguay). Sin embargo, nuestro país aún mantiene su liderazgo en cuanto a volumen exportado.

8.5 Referencias consultadas

- Berries de Chile. 2010. Estadísticas de exportaciones de berries de Chile. (en línea) <http://www.berriesofchile.org/exportaciones.html> (consulta: 1 de agosto de 2010).
- Centro de información de recursos naturales. 2005. Catastro Frutícola IV Región, Principales Resultados. 43 p. Santiago, Chile.
- Federación de exportadores de fruta. 2005. Estadísticas de superficie y producción de arándanos en Chile. (en línea) <http://www.fedefruta.cl> (consulta: 15 de noviembre de 2008).
- Fruticultura del Sur. 2010. Balance de la temporada del hemisferio 2009/2010. (en línea) <http://www.fruticulturasur.com> (consulta: 1 de agosto de 2010).
- Fundación para la Innovación Agraria. 2009. Cultivo de arándanos en la IV Región de Coquimbo, Ficha de valorización de resultados. 39 p. Santiago, Chile.
- Fundación para la Innovación Agraria. 2009. Impacto en Innovación Agraria: Diez rubros exitosos. 143 p. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Estadísticas. 2007. VII Censo Agropecuario y Forestal. (en línea) <http://www.censoagropecuario.cl> (consulta: 1 de agosto de 2010).
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. ODEPA. 2001. Estadísticas de comercio exterior por producto y región. (en línea) <http://www.odepa.cl> (consulta: 1 de agosto de 2010).
- Organización Editorial Mexicana. 2009. Produciendo arándanos ¿Qué pasa en México? (en línea) <http://www.oem.com.mx/eloccidental/notas/n1147616.htm> (consulta: 1 de agosto de 2010).





9 Antecedentes climáticos de zona de estudio

Cristóbal Juliá de la Vega
cristobal.julia@ceaza.cl

9.1 Introducción

El presente capítulo corresponde al análisis de las variables meteorológicas, a las cuales estuvieron sometidos los arándanos plantados, durante el período de ejecución del proyecto 2005-2009. El análisis del período mencionado se basa principalmente en la variable de temperatura, ya que determina la acumulación de Horas Frío bajo 7°C (HF) y Grados Día sobre 10°C (GD), que favorece el rompimiento del receso invernal y el crecimiento de las plantas respectivamente.

Las heladas tanto en su intensidad así como el período en que ocurren deben de tenerse en cuenta, especialmente aquellas que se producen en el período invernal, que es cuando las variedades florecen bajo las condiciones de la zona norte, y las heladas de inicio de primavera que es cuando ocurre el crecimiento vegetativo inicial o la cuaja de frutos.

También las precipitaciones adquieren importancia en la medida que predispone al cultivo al desarrollo de enfermedades durante la floración y cuaja.

Los requerimientos varietales junto con las variables meteorológicas mencionadas del sector a plantar son elementales de considerar al momento de la inversión.

Es por ello que, aparte de analizar las variables mencionadas, es primordial conocer el estado del ENOS (El Niño y la Oscilación del Sur), y su interpretación ya que son estos índices los que inciden en el comportamiento interanual de las variables meteorológicas y, a partir de su condición, se puede adecuar las prácticas agronómicas a como se presente el año.

El proyecto tuvo como sede experimental al Centro Experimental de INIA en Vicuña, valle de Elqui, donde existen plantaciones comerciales de arándanos por lo que los sectores a considerar en este capítulo son tres: Pan de Azúcar, Gabriela Mistral y Vicuña. En estos tres sitios existen estaciones meteorológicas automáticas de la red de monitoreo Red CEAZA-MET, las cuales miden todas las variables mencionadas y, además, generan los datos de HF y GD. El emplazamiento de las estaciones se puede apreciar según la Figura 9.1: la estación de Pan de Azúcar (Lilén) se encuentra a 135 msnm (71°14' O; 30°04' S); la estación de Gabriela Mistral (Rumpa) está a 17 kilómetros al interior de La Serena a una altitud de 204 msnm (Lon. 71°05' O; 29°59' S) y Vicuña (Copao) está a 657 msnm (70°42' O; 30°02' S).

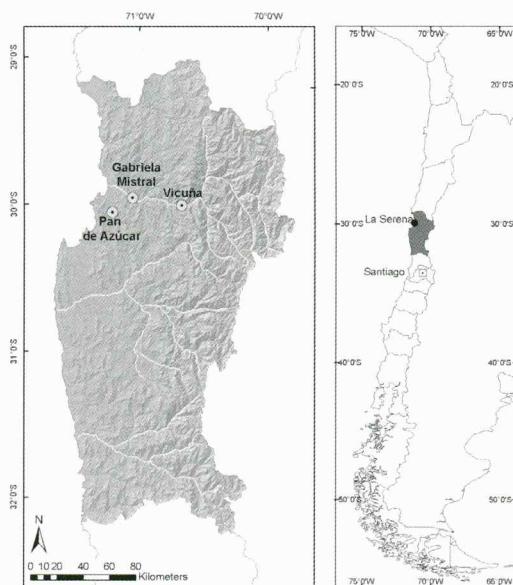


Figura 9.1. Emplazamiento de estaciones meteorológicas en la Región de Coquimbo.

9.2 Estado de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS)

El estado del ENOS, como se ha dicho previamente, tiene directa influencia sobre la variabilidad interanual de las variables meteorológicas en la zona. Es por eso que se hace necesario observar los índices que describen este fenómeno.

A grandes rasgos, el estado del Niño/Niña, está regulado por la Temperatura Superficial del Mar (TSM) en una zona denominada “Niño 3.4” en la línea ecuatorial entre 120°O y 160°O. Para describir su comportamiento, se crea un Índice llamado Índice del Niño Oceánico (en inglés ONI, Oceanic Niño Index), el cual se basa en las anomalías de la TSM (Figura 9.2) determinadas por la media cada tres meses.

Observando estos valores, podemos explicar las variaciones en las temperaturas y el régimen de precipitaciones, es decir, cuando los valores de las anomalías son positivos por un período de más de tres meses consecutivos, se determina entonces que se está bajo la influencia del Niño (fase cálida), lo que implica mayores temperaturas en la zona y en general precipitaciones por sobre los valores normales.

Por otro lado, si las anomalías son negativas por un período de más de tres meses consecutivos, se determina que se está bajo la influencia de la Niña (fase fría), lo que provoca temperaturas más bajas durante los meses de invierno y déficit en los registros de precipitación.

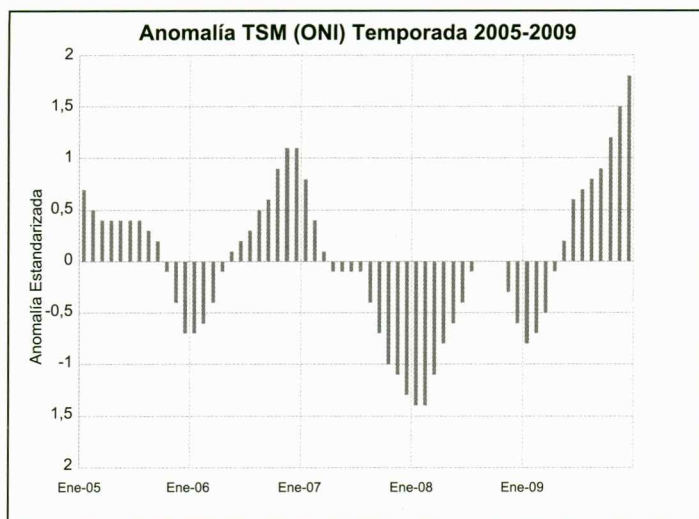


Figura 9.2. Anomalías en la TSM, Índice del Niño Oceánico para la temporada 2005-2009.

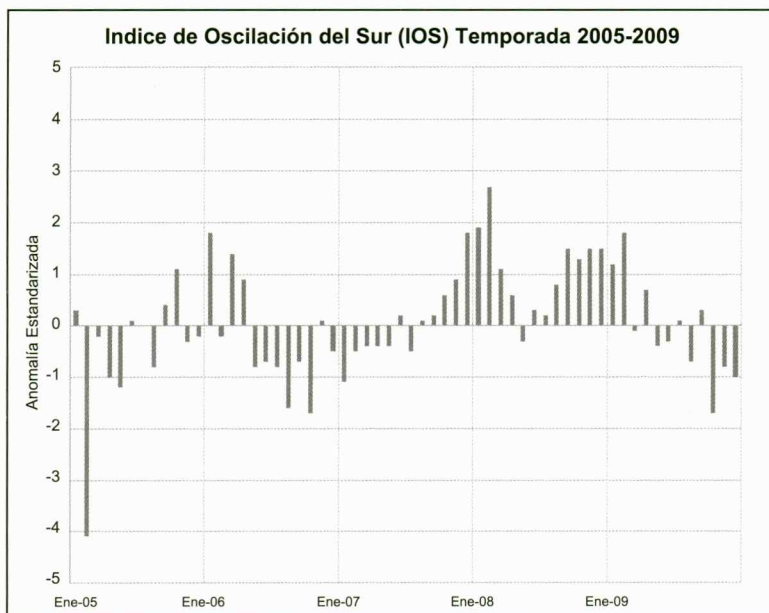


Figura 9.3. Anomalia estandarizada. Índice de Oscilación del Sur para la temporada 2005-2009.



Al ONI se le asocia un índice que está determinado por las diferencias de presión a nivel del mar entre las localidades de Tahití, en la polinesia francesa y Darwin al noreste de Australia, llamado Índice de Oscilación del Sur (IOS). Se ha demostrado que esta diferencia tiene influencia sobre los patrones en el régimen de precipitaciones en Chile central y que está estrechamente relacionado al Índice del Niño. De ahí, entonces, nace el ENOS como un solo fenómeno. En la Figura 9.3, se muestra este índice, el cual está determinado por las anomalías estandarizadas de los valores de la presión a nivel del mar en los lugares antes mencionados. Cuando el IOS tiene valores negativos en sus anomalías se asocia a un evento del Niño y si estos valores tienen anomalías positivas se asocia a un evento de la Niña.

Como se puede observar en ambas figuras, hay una relación coherente entre una y otra y los valores de temperatura registrados por las estaciones de la red (Figura 9.4). Se puede notar que las temperaturas bajas durante el año 2007 están estrechamente ligadas al ENOS, así como también los valores de precipitación. Respecto al año más caluroso del período, el año 2006, se puede observar que también está relacionado al ENOS, donde se observa que durante el invierno está en pleno desarrollo de una fase positiva, asociada a un evento leve del Niño.

El Índice del Niño Oceánico (ONI, por sus siglas en inglés), puede ser seguido en la página de la NOAA, del Centro de Predicción Climático (CPC), la cual se va actualizando todos los meses, mostrando los promedios trimestrales. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

9.3 Temperatura

Como se dijo anteriormente, las temperaturas están influenciadas por el comportamiento del ENOS. La variabilidad interanual se puede apreciar claramente para cada estación en la Figura 9.4, donde se muestran las temperaturas promedio registradas en el período de estudio. Se aprecia que el año más frío ha sido el 2007 (año de plantación de unidades experimentales) y el más cálido ha sido el 2006.

Se puede observar también, que en Vicuña (est. Copao), el invierno presenta temperaturas relativamente mayores a la de las otras dos estaciones: esto se debe a que en la zona se produce un fenómeno llamado «Terral», típico de invierno, el cual se caracteriza por ser un aire cordillerano el cual al bajar por los valles éste se seca y se calienta (Figura 9.5), lo que produce que las temperaturas en invierno sean, en promedio, mayor que la del resto de las estaciones, la humedad descienda abruptamente y la velocidad del viento sea considerablemente mayor que lo normal. En la Figura 9.5 se aprecia un evento Terral del invierno del año 2007 donde se puede ver cómo este fenómeno afecta las principales variables meteorológicas. Este fenómeno es de gran relevancia especialmente en aquellas variedades que requieren una mayor cantidad de horas frío, como O'Neal, la cual bajo las condiciones de Vicuña, responde en forma errática a las aplicaciones de cianamida,

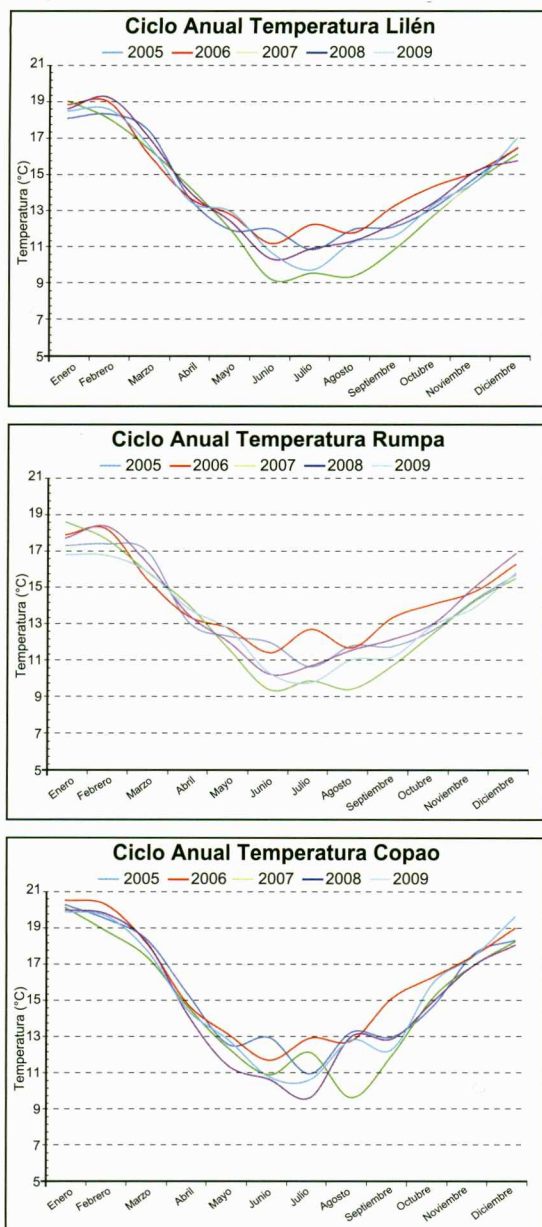
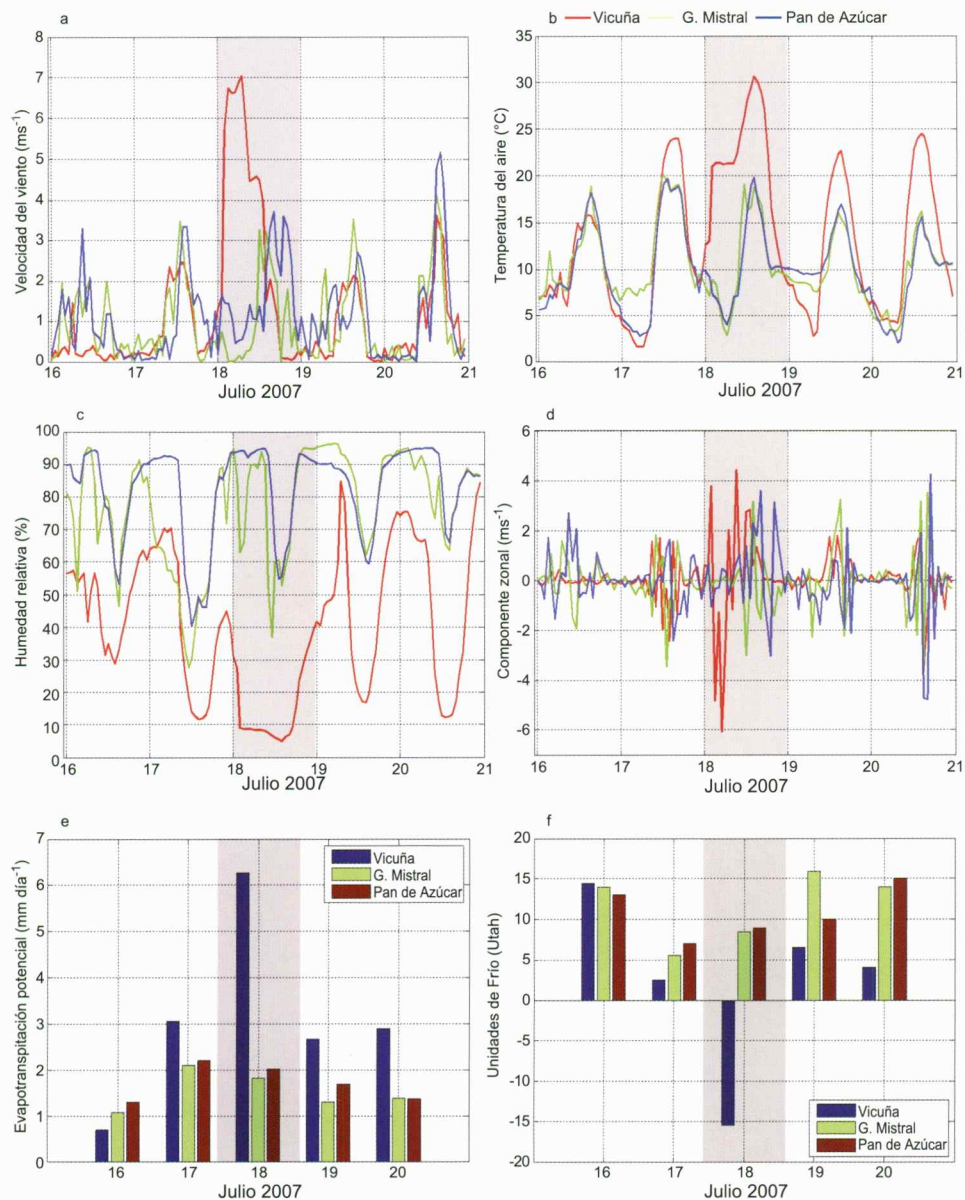


Figura 9.4. Temperaturas mensuales promedio registradas en tres sectores del Valle de Elqui, durante el período de estudio.



(En gris el día de mayor intensidad)

Figura 9.5. Registro de variables meteorológicas en Julio de 2007, para los tres sectores del valle de Elqui, donde se observa el fenómeno "Terral".



mostrando una brotación tardía y desuniforme, dependiendo del fenómeno antes descrito.

Asimismo, en la Figura 9.6 se puede apreciar los ciclos diurnos de cada estación lo que da cuenta de las diferencias entre localidades; esto principalmente debido a la influencia del océano, es decir, la estación Copao ubicada en Vicuña en el interior del valle presenta ciclos diurnos más marcados que Lillén (Pan de Azúcar) y Rumpa (Gabriela Mistral) que se encuentran en zonas más cercanas a la costa.

9.4 Horas Frío y Grados Día (HF & GD)

Las HF y DG están fuertemente influenciados por la variabilidad interanual del ENOS, por lo tanto es razonable asociar dichos valores al estado de dichos índices atmosféricos. El año 2007, cuando hubo una fuerte influencia de la fase de La Niña, las HF se acumularon en mayor cantidad que en otros años. Por el contrario los DG fueron menores.

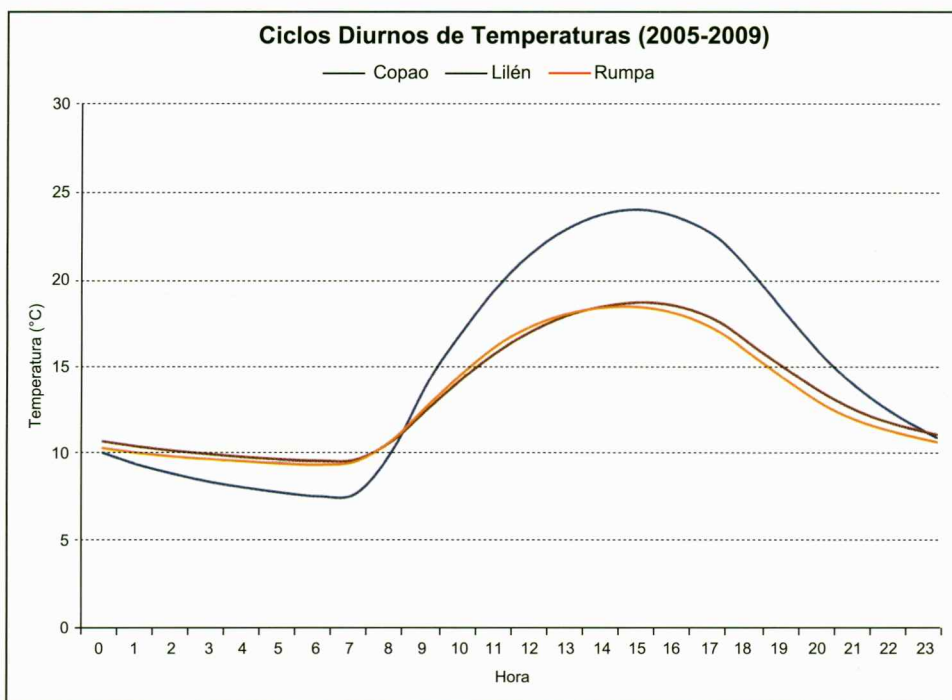


Figura 9.6. Ciclos diurnos de temperatura para cada estación en el período 2005-2009.

El patrón de acumulación de HF, más que el total acumulado, puede entregar información muy relevante para establecer adecuaciones a las prácticas agronómicas que se llevan en el campo. En las figuras siguientes se puede observar que los patrones son variables de año en año y entre localidades. Esto influye sobre el comportamiento de las plantas. En el caso del sector de Pan de Azúcar, existen períodos donde la acumulación de HF es escasa, permaneciendo por bajo los requerimientos necesarios para que las plantas puedan romper su receso, es así que O'Neal, si bien florece, la brotación de la yema vegetativa puede tardar hasta la primavera. Esta observación es válida también para los otros sectores considerados.

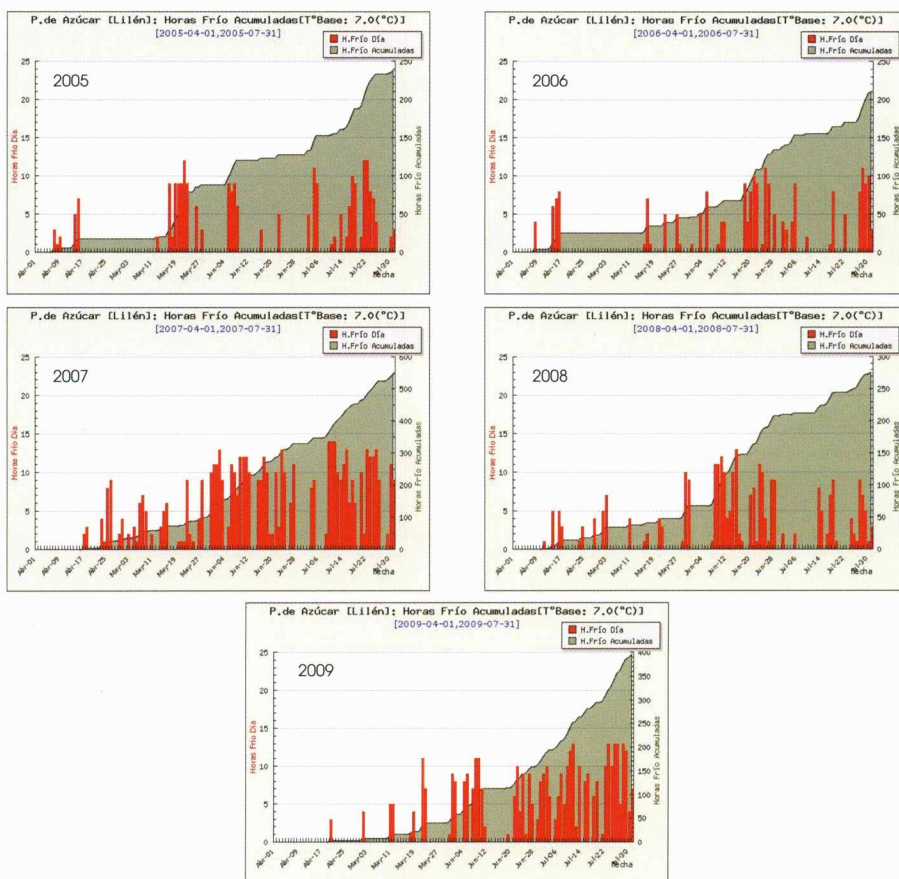


Figura 9.7. Horas Frío de la estación Lillén (Pan de Azúcar) para la temporada 2005-2009.



La estación de Lilén, presenta variaciones interanuales significativas en sus valores de HF: el año 2005 registró 238 HF, el año 2006 registró 211 HF, el año 2007 se registraron 547 HF, el año 2008 registró 276 HF y el año 2009 registra 396 HF. Así, el año que presenta más acumulación de horas frío es el año 2007, con una acumulación superior al 80% con respecto a los otros años (Figura 9.7).

En la Figura 9.8, se muestran los Grados Día para la estación de Lilén donde los datos registrados durante el período son: 570 el año 2005, 641 el año 2006, 439 el año 2007, 504 el año 2008 y finalmente 394 el año 2009 donde éste último, es el año que presentó una menor acumulación de GD.

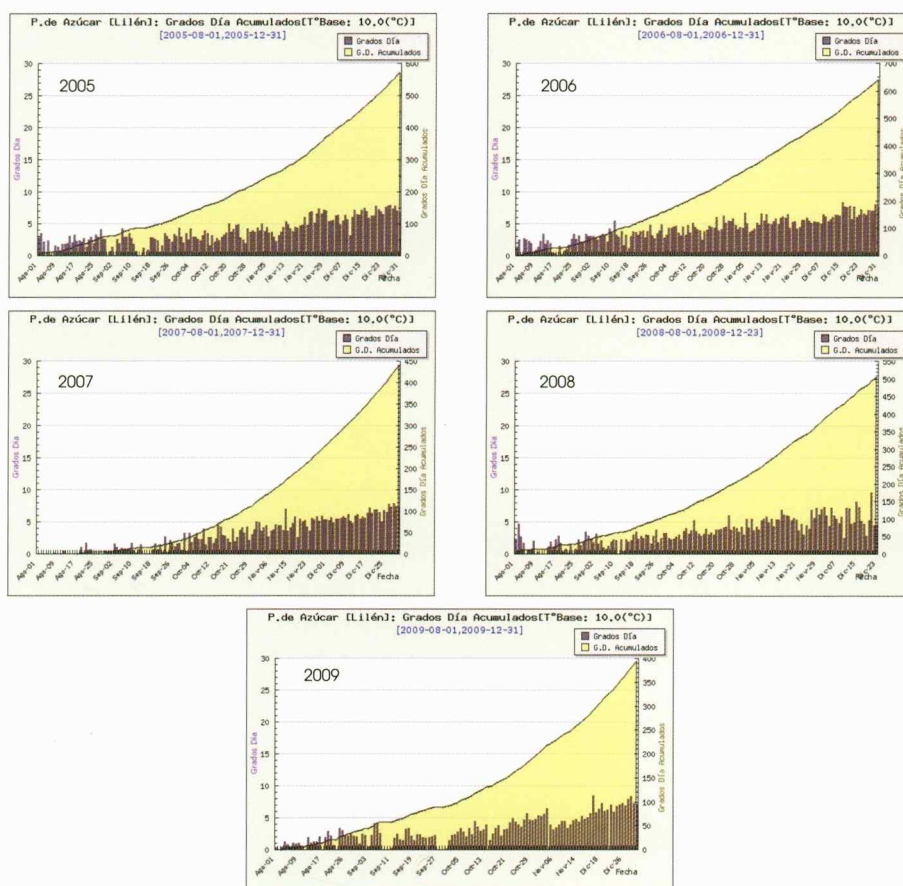


Figura 9.8. Grados Día para la estación Lilén (Pan de Azúcar) para la temporada 2005-2009.



La estación Rumpa presenta una variación considerable interanual en sus valores de HF: el año 2005 registró 107 HF, el año 2006 registró 126 HF, el año 2007 se registraron 524 HF, el año 2008 registró 320 HF y el año 2009 registra 377 HF. Así, al igual que en la estación de Lilén, se caracteriza como el año más frío el 2007 (Figura 9.9).

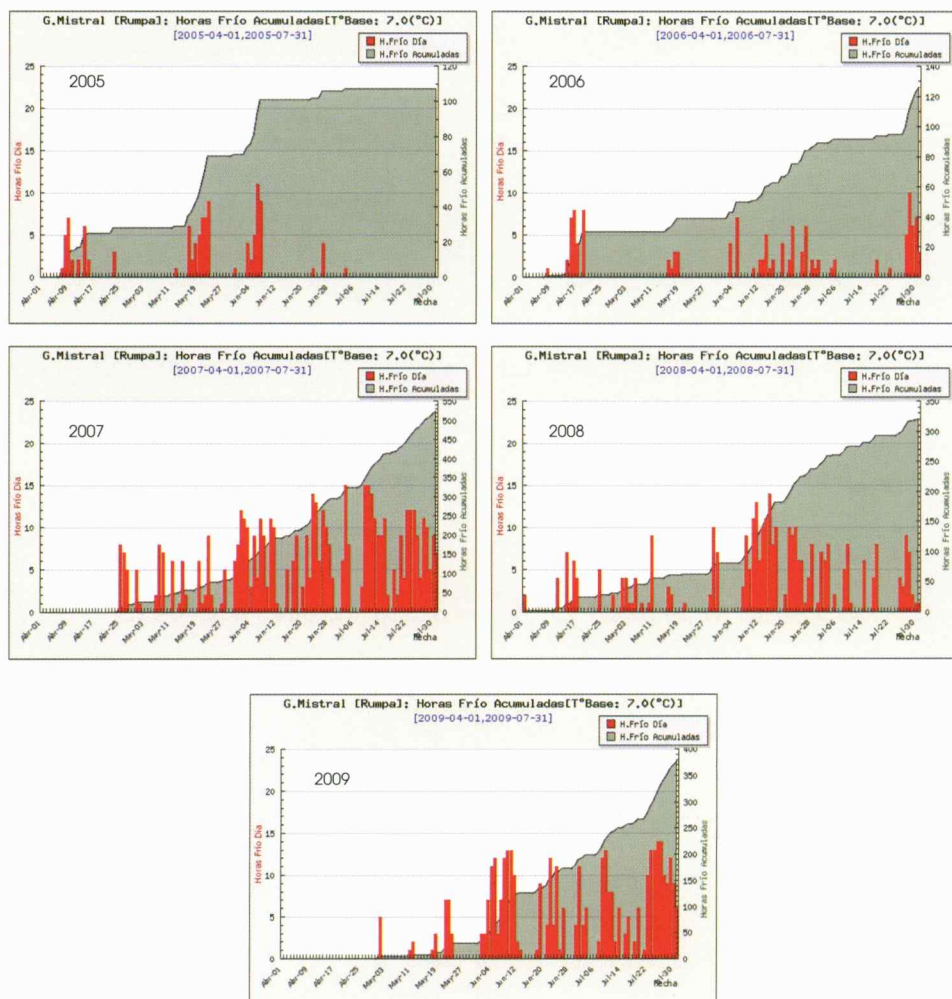


Figura 9.9. Horas Frío de la estación Rumpa (Gabriela Mistral) para la temporada 2005-2009.

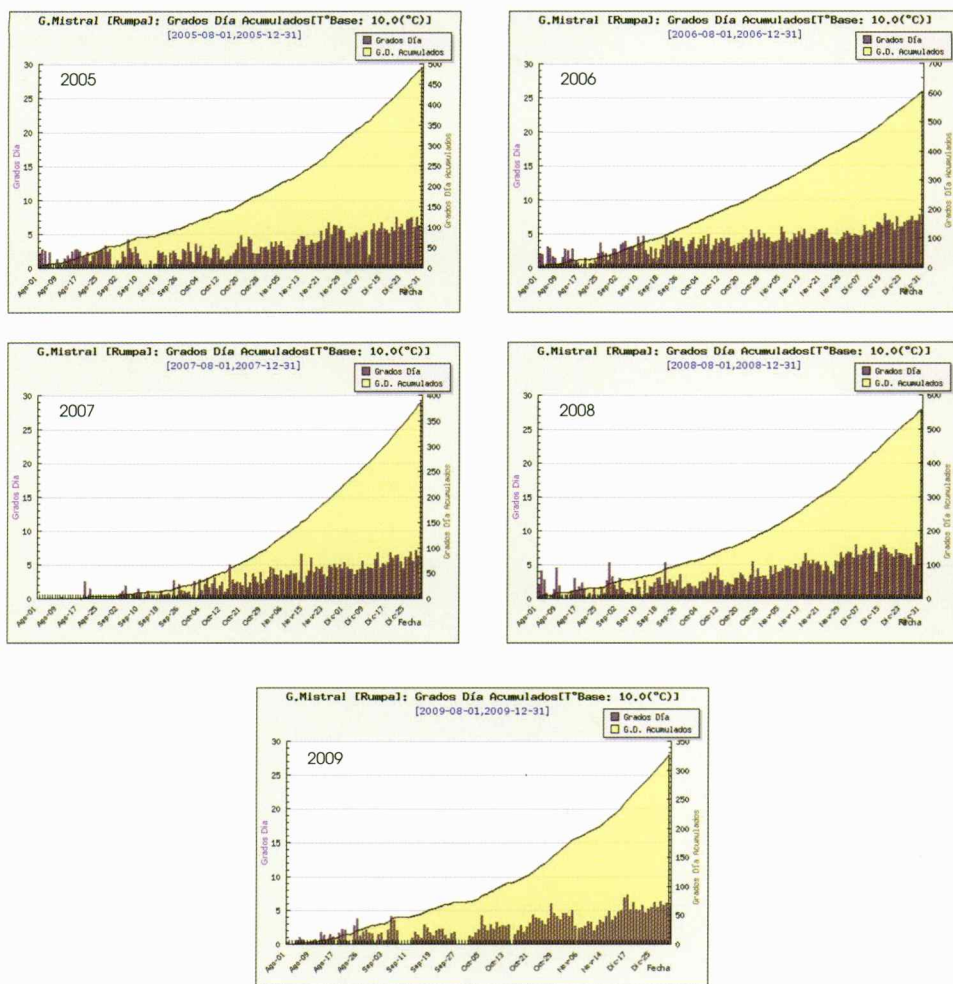
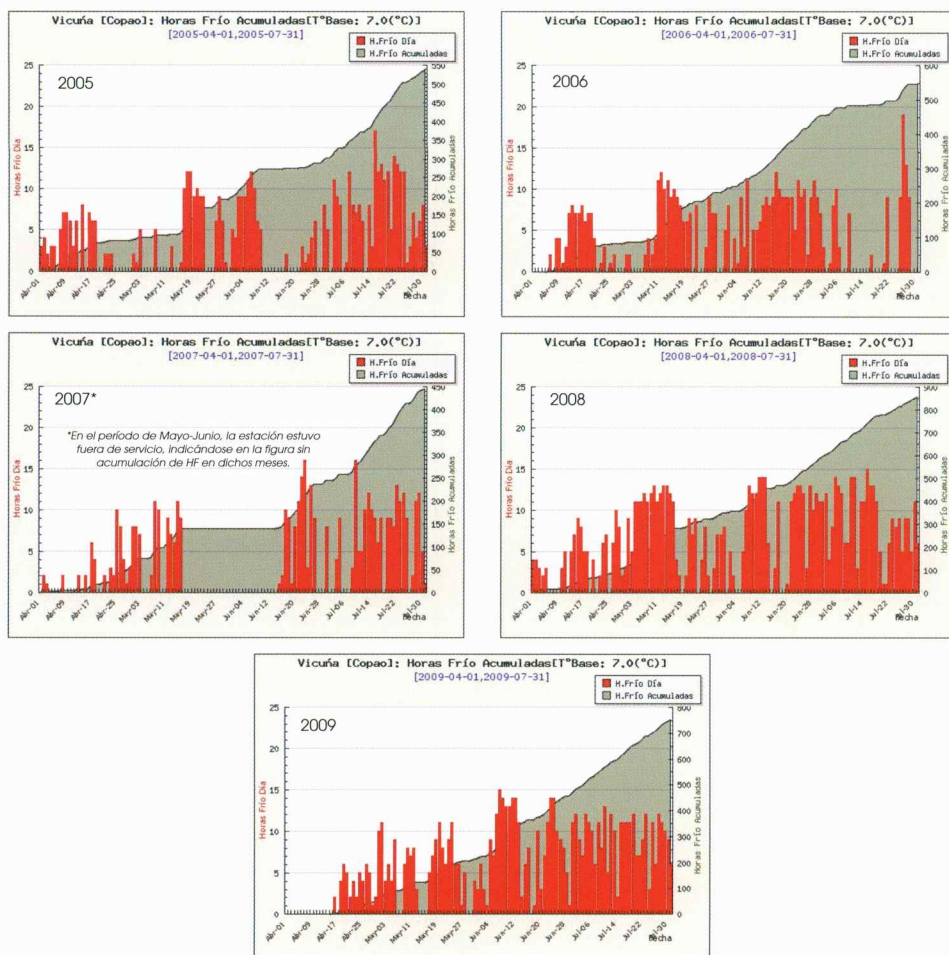


Figura 9.10. Grados Día para la estación Rumpa (Gabriela Mistral) para la temporada 2005-2009.

En la Figura 9.10 se muestran los Grados Día para la estación de Rumpa donde los datos registrados durante el período son: 489 el año 2005, 603 el año 2006, 386 el año 2007, 557 el año 2008 y finalmente 326 el año 2009 donde éste último, es el año que presentó una menor acumulación de GD y el año 2006 presenta una mayor acumulación.



*En el período de Mayo-Junio 2007, la estación estuvo fuera de servicio, indicándose en la figura sin acumulación de HF en dichos meses.

Figura 9.11. Horas Frío de la estación Copao (Vicuña) para la temporada 2005-2009.

El año 2005 registró 537 HF, el año 2006 registró 547 HF, el año 2008 registró 857 HF y el año 2009 registra 754 HF.

En la Figura 9.12 se muestran los Grados Día donde los datos registrados durante el período son: 857 el año 2005, 970 el año 2006, 405 el año 2007, 716 el año 2008 y finalmente 684 el año 2009.

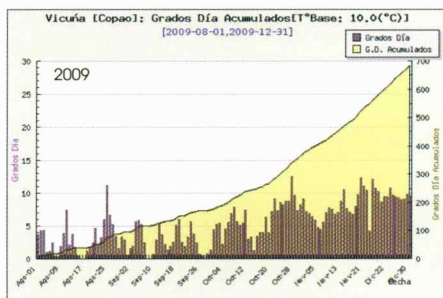
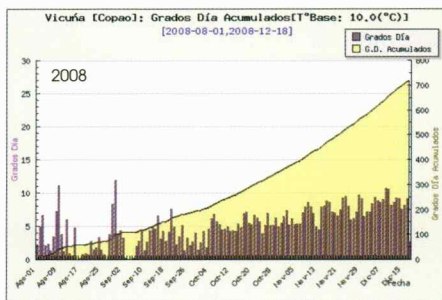
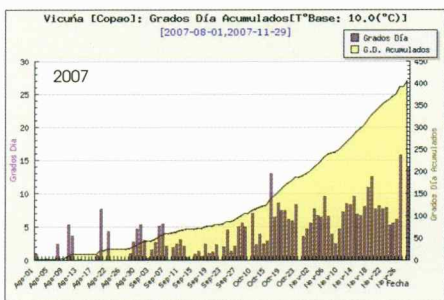
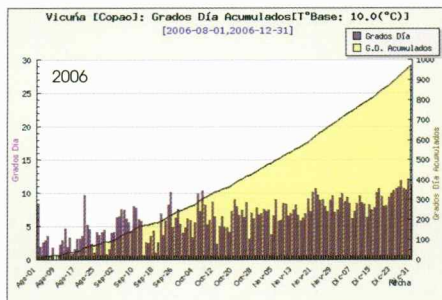
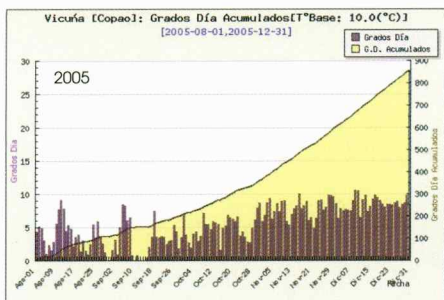


Figura 9.12. Grados Día para la estación Rumpa (Gabriela Mistral) para la temporada 2005-2009.

9.5 Heladas

Como se dijo previamente, el año 2007 está caracterizado por ser el más frío del período de estudio y el año 2006 como uno de los años más cálidos. En la Figura 9.13 se puede observar lo anterior, donde el año 2007 se caracteriza por presentar un mayor número de heladas y en todas las estaciones. Asimismo, el año 2006 se destaca por la absoluta ausencia de heladas.

Según los registros de la red CEAZA-MET, las heladas registradas durante la temporada 2005-2009, indican que en su mayoría éstas se producen durante los meses junio – julio – agosto (invierno principalmente) y en menor cantidad en los meses de mayo o septiembre. También la estación de Copao presenta un mayor número de heladas que el resto de las estaciones y también, de acuerdo a los registros, temperaturas mínimas más extremas que las de otras estaciones (Figura 9.14).

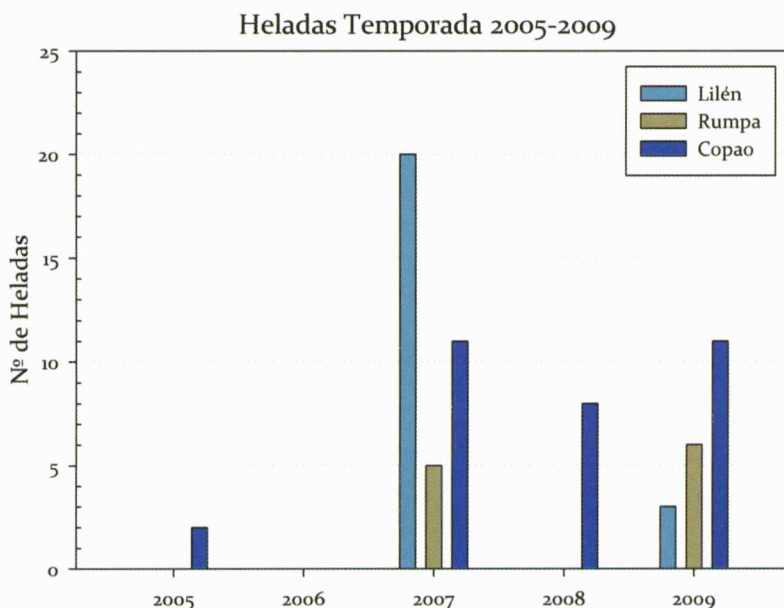
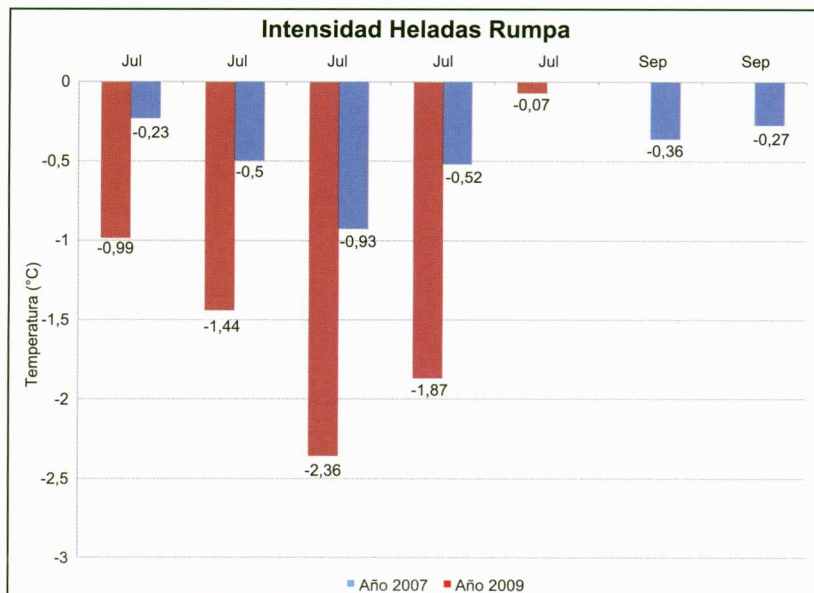
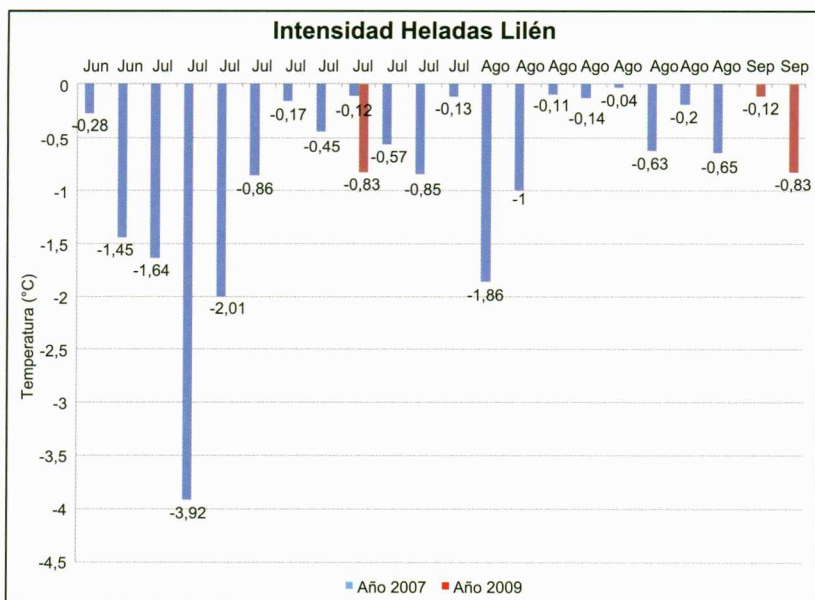


Figura 9.13. Número de Heladas ocurridas durante 2005-2009 para tres estaciones meteorológicas ubicadas en el Valle de Elqui.

En la Figura 9.14 se puede apreciar que las heladas más intensas ocurrieron durante el año 2007 y éstas se concentraron principalmente en el mes de Julio para las tres estaciones.



Continuación página 150

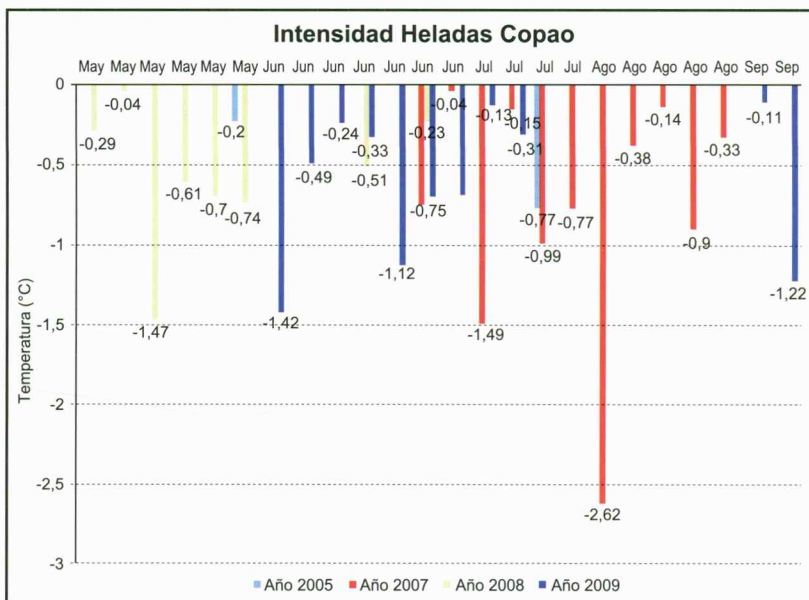


Figura 9.14. Intensidad de las heladas ocurridas en el período de estudio, en las tres estaciones meteorológicas ubicadas en el Valle de Elqui.

La ocurrencia de heladas y la intensidad de ellas es un parámetro climático a tener en cuenta, ya que las variedades de O’Neal y Misty y aquellas de reciente introducción, florecen durante los meses de Junio a Agosto. O’Neal es una variedad que entra en receso, por lo tanto las heladas difícilmente la afectan en este período, sin embargo Misty no pierde sus hojas y brota más temprano que O’Neal, lo que la hace más susceptible al daño por heladas.

9.6 Precipitación

Los valores de precipitación, así como los de las heladas, también tienen variaciones interanuales que se ven afectadas principalmente por el estado del ENOS, tal como se dijo previamente. También, según los registros, los eventos de precipitación se producen principalmente en los meses de junio – julio – agosto. El Cuadro 9.1 muestra los valores acumulados durante los años de estudio, y se puede apreciar que a medida que aumenta la altitud, también aumenta la precipitación. En la Figura 9.15 se puede apreciar que el año más lluvioso dentro del período de estudio es el año 2008, y el año más seco, en concordancia con el fenómeno de La Niña, es el año 2007.



Cuadro 9.1. Valores de Precipitación para la temporada 2005-2009.

Año	Lilén	Rumpa	Copao
2005	53.83	67.55	72.64
2006	63.24	60.45	51.55
2007	15.99	22.08	20.82
2008	95.00	102.87	151.37
2009	68.33	63.24	58.16

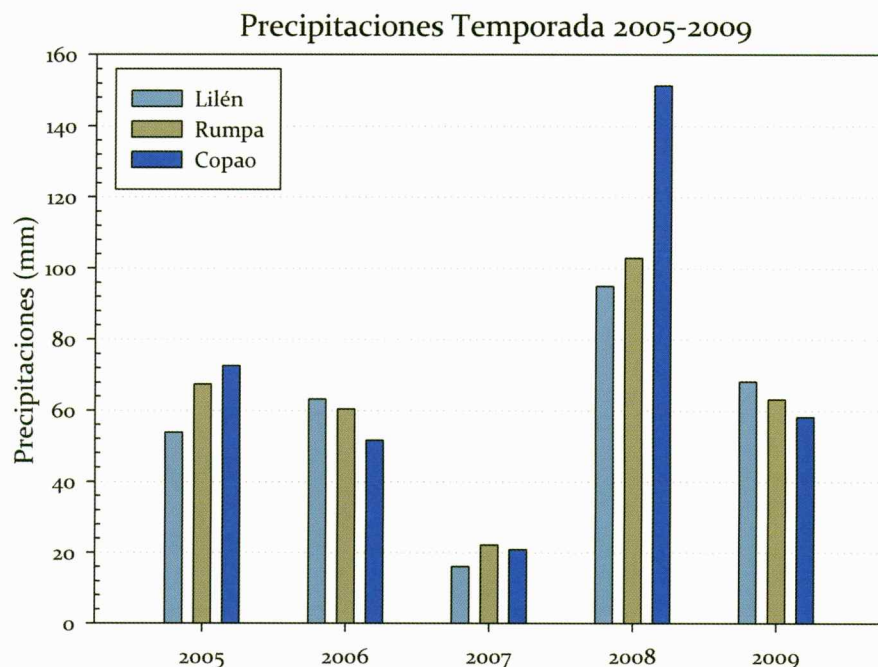


Figura 9.15. Precipitaciones ocurridas en tres sectores del Valle de Elqui durante la temporada 2005-2009.

9.7 Radiación Solar Global

En la Figura 9.16 se observa la Radiación Global observada en las tres estaciones. Se puede apreciar que la estación de Copao (Vicuña) los valores en los promedios de radiación son mayores que Rumpa y Lilén. De hecho, el comportamiento de las curvas de radiación tanto en su ciclo diario como en su promedio anual, tiene



estrecha relación con la ubicación de cada estación: es decir, la estación que está más cerca de la costa (Lilén) tiene, en promedio, menor radiación medida tanto en su ciclo diario como anual, esto debido a la fuerte influencia de la típica nubosidad costera de la región. La constante nubosidad de la región, se debe a la incursión de una vaguada costera que afecta a la región durante todo el año. Dicha vaguada es producto de la presencia casi permanente del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur oriental.

La región presenta cordones transversales de gran altura, los que impiden, en general, la incursión de la nubosidad costera a mayores altitudes como Vicuña. Es por ello que a medida que nos alejamos de la costa, los valores de Radiación Solar van en aumento, como se aprecia en la Figura 9.16. Asimismo, debido al cambio estacional, es que en los meses de invierno los valores de radiación son menores.

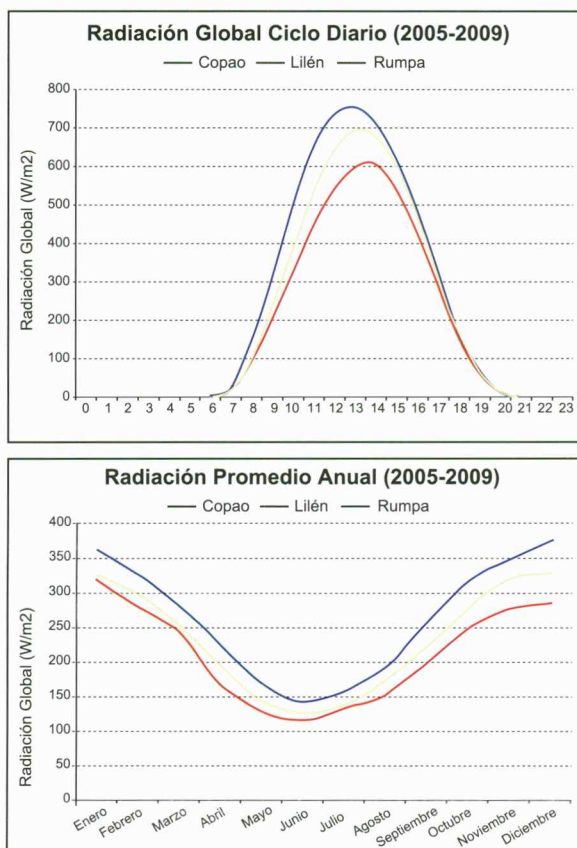


Figura 9.16. Radiación Solar Global de las tres estaciones. A la izquierda se muestra el promedio de los 5 años para un ciclo diurno; a la derecha se observa el promedio mensual para los cinco años.



9.8 Referencias consultadas

Registro de datos meteorológicos www.ceazamet.cl

Fenómeno de El Niño.

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml

