

Adaptación de la Metodología Cropcheck para el Cultivo de Arándanos en el Sur de Chile.



Editor: Abel González G.

Boletín INIA N° 346

Directora Regional: Ivette Seguel Benítez, Bióloga M.Sc

Editor: Abel González G, Ing. Agrónomo, M.Sc.

Comité Editor:

Jaime Mejías B., Ing. Agrónomo Ph.D

Lilian Avendaño Fuentes, Magíster en Com. Estratégica
y Marketing Corporativo

Abel González G., Ing. Agrónomo M.Sc

Ramiro Poblete F., Ing. Agrónomo Cooprinsem

Boletín INIA Nº 346

ISSN: 0717-4829

González, A. 2017. Adaptación de la Metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Km 10 camino Cajón Vilcun. (56-45) 2297100.

Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin permiso del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Diseño y diagramación: Ramón Navarrete.

Impresión: Imprenta América

Cantidad Ejemplares: 300.-

INDICE

Capítulo 1. Descripción de la metodología Cropcheck	5
1.1 Orígenes y adopción de la metodología Cropcheck en Chile	5
1.2 Desarrollo de la metodología Cropcheck	6
1.3 Literatura citada	8
Capítulo 2. Adaptación de la metodología Cropcheck al cultivo de arándanos	9
2.1 Elaboración de la línea de base	9
2.1.1 Análisis del entorno de la industria	9
2.1.2 Chile en el entorno mundial de arándanos	11
2.1.3 Cadena de valor de la industria de arándanos en la zona sur de Chile	15
2.1.4 Ubicación geográfica de los huertos	17
2.1.5 Descripción y análisis de la productividad y calidad de huertos Cropcheck temporada 2013-2014	18
2.1.6 Efecto de clima y la latitud sobre el rendimiento	20
2.1.7 Efecto del clima sobre el porcentaje de fruta exportable	22
2.1.8 Efecto de la acidificación de los suelos sobre la productividad y calidad de arándanos	25
2.1.9 Análisis de las variedades Cropcheck en estudio	30
2.2 Descripción de la brecha tecnológica de la industria del arándano de la zona sur de Chile	32
2.3 Objetivos del programa	35
2.4 Definición de los puntos de chequeo	35
2.5 Formación de grupos de trabajo	36
2.6 Programa de transferencia tecnológica	36
2.6.1 Ejecución de buenas prácticas de cultivo	36
2.6.2 Talleres de entrenamiento	36
2.6.3 Días de campo	37
2.6.4 Grupo de discusión	37
2.6.5 Cierre de temporada	37
2.7 Literatura citada	38
Capítulo 3. Buenas prácticas de manejo para puntos de chequeo Cropcheck en arándano	41
3.1 Punto de chequeo y regulación de carga frutal	41
3.1.1 Componentes productivos en arándanos	42
3.1.2 Principales estructuras vegetativas del arándano	42
3.1.3 Criterios para la regulación de carga frutal	44
3.1.4 Implementación del punto de chequeo poda	45
3.1.5 Metodología de conteo de yemas florales en cultivo del arándano	45

3.2 Punto de chequeo nutrición en arándano	54
3.2.1 Herramientas de diagnóstico para la elaboración de programas de nutrición racional	55
3.2.2 Suministro de nutrientes en el suelo	58
3.2.3 Fertilización de corrección	60
3.2.4 Demanda de nutrientes	61
3.2.5 Elaboración de programas anuales de nutrición	67
3.2.6 Evaluación del punto de chequeo nutrición	68
3.3 Punto de chequeo manejo de <i>Botrytis</i> en huertos de arándanos	70
3.3.1 Enfermedades en precosecha que afectan la calidad y condición de la fruta en poscosecha	70
3.3.2 Pudrición gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	71
3.3.3 Estados fenológicos del cultivo del arándano susceptibles al ataque de <i>Botrytis</i>	78
3.3.4 Comportamiento de las distintas variedades sobre las diferentes zonas agroecológicas	78
3.3.5 Criterios de ponderación punto de chequeo <i>Botrytis cinerea</i>	80
3.3.5.1 Evaluación de aplicaciones críticas según fenología	80
3.4 Punto de chequeo riego para el cultivo de arándano	81
3.4.1 Disponibilidad de agua en el suelo	81
3.4.2 Demanda de agua en el cultivo de arándanos	84
3.4.3 Elaboración de un programa de riego en arándano	87
3.5 Literatura consultada	93

Capítulo 4. Resultados de validación y adopción de puntos de chequeo Cropcheck arándanos

4.1 Materiales y métodos	95
4.1.1 Unidad Cropcheck	95
4.1.2 Ponderación de los puntos de chequeo	96
4.1.3 Evaluaciones	98
4.2 Resultados	100
4.2.1 Influencia de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de las unidades Cropcheck	100
4.2.2 Adopción de los puntos de chequeo y su impacto sobre el rendimiento	106
4.2.3 Relación entre variables de precosecha y su influencia sobre el rendimiento	108
4.2.4 Adopción de los puntos de chequeo y su impacto sobre la firmeza de frutos a cosecha	112
4.2.5 Variables de pre cosecha y su influencia sobre la firmeza de frutos a cosecha	114

Capítulo 5. Aspectos claves durante poscosecha para para la obtención de un arándano de calidad

5.1 Firmeza, su relación con variables de cosecha y poscosecha y uso de envases	121
5.2 Control de pudriciones de poscosecha de arándanos: tecnologías de poscosecha	131
5.3 Uso de atmósfera modificada y controlada en arándanos de exportación	131
5.4 Recomendaciones en el uso de anhídrido sulfuroso (SO ₂) en arándanos	136
5.5 Literatura citada	142



CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA CROPCHECK

Autores: Abel González Gelves; Juan Abarzúa Castro
Plataforma Frutícola INIA Carillanca

1.1 Orígenes y Adopción de la Metodología Cropcheck en Chile

La metodología Cropcheck fue desarrollada e implementada en Australia en la década de los ochenta, por el *Yanco Agricultural Institute*. Se origina con el propósito de mejorar la efectividad de los sistemas de extensión agrícola. Lo anterior debido a que a fines de la década de los 70, la productividad de algunos cultivos anuales se vió estancada, y en otros se incrementaba lentamente. Para lograr dicho objetivo, en primer término se analizó y modificó la manera en que hasta ese momento se realizaba transferencia tecnológica hacia los cultivos. El primer cambio fue dar cuenta que existe un valioso conocimiento de los propios productores y este debía ser integrado a un sistema de innovación, creándose una propuesta transferencia tecnológica participativa, basada en el monitoreo y seguimiento de cultivos denominada Cropcheck o *chequeo de cultivo* (Lacy, J. 2011). Este modelo fue creado primero para trigo en 1984 y luego para arroz en 1986. Hasta ahora se utiliza como sistema de transferencia para cultivos anuales, extendiéndose a canola, cebada, trébol subterráneo y maíz, constituyéndose así en una eficaz herramienta, que permite un continuo aprendizaje por parte de productores agrícolas (Consejo Nacional de Innovación y Competitividad, CNIC, 2010).

Fundación Chile introdujo la metodología a nuestro país el 2004, para posteriormente implementarla al cultivo de arroz, y a partir de ese momento el modelo ha sido aplicado a otros cultivos, siendo esta la primera adaptación metodológica a un cultivo de tipo frutícola, como el arándano, para huertos establecidos en el sur de Chile.

El “Cropcheck” es un sistema de extensión de mediano plazo que se ocupa de transferir las mejores prácticas de manejo de cultivos. Para ello involucra la activa participación del productor y entrega una pauta, esquema o metodología de trabajo, con las que, a través de un seguimiento o monitoreo, logra evaluar objetivamente los resultados productivos de predios específicos. Estos resultados al ser comparados y analizados dentro de un grupo de pares en un proceso de benchmarking, entregan mejoramientos continuos que benefician al productor y a la industria (Fundación Chile, 2010).

El modelo de transferencia se inicia tras la identificación de las brechas tecnológicas, barrera que impide la mejora de la situación actual. Una vez establecidas dichas brechas, se identifican aquellos manejos agronómicos claves o “Puntos de Chequeo” de gran incidencia para la disminución de estas barreras productivas y que dan pie al logro de metas específicas. Luego se desarrolla un plan de capacitación continua, por parte de especialistas hacia los productores, para cada punto de chequeo, en el cual se transfieren las mejores prácticas agronómicas, que inciden positiva y significativamente en cada etapa del cultivo, y que en su conjunto permitirán al productor alcanzar los objetivos propuestos. Paralelamente se realiza un plan de seguimiento y monitoreo, el cual permite evaluar el grado de adopción de las tecnologías transferidas, para posteriormente comparar los resultados obtenidos por parte del agricultor y entre productores, lo que finalmente permite hacer una validación de la efectividad del conjunto de tecnologías, sobre los objetivos planteados.

Dicha validación permite a su vez generar un ponderador de mejora, que da cuenta de la mayor o menor importancia de uno o más puntos de chequeo, sobre parámetros como el rendimiento y factores específicos de calidad, lo cual abre una hoja de ruta con el orden de prioridades tecnológicas de adopción de las mejores prácticas del cultivo.

1.2 Desarrollo de la metodología Cropcheck

En su conjunto, la metodología incorpora varios procesos en forma paralela: coordinación de visitas prediales, jornadas de capacitación y entrenamiento, chequeo del cultivo, recopilación de datos y generación de información.

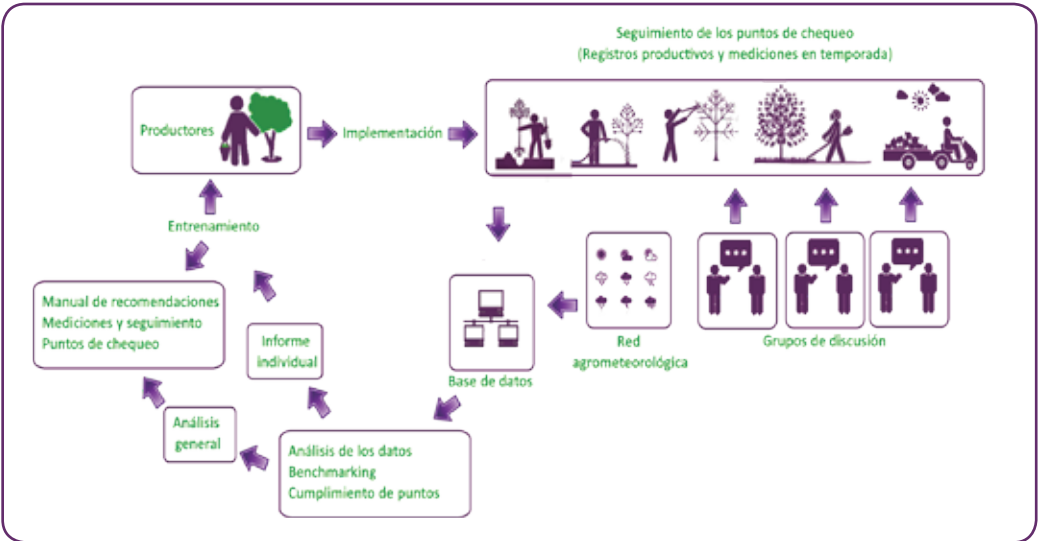


Figura 1. Modelo esquemático de la metodología Cropcheck.

El Cropcheck incorpora un modelo de investigación con la participación del productor en su propio campo, generándose respuestas prácticas, que complementan la información procedente de los sistemas de investigación. El sistema toma como parámetro de referencia o comparación al mejor productor o al que obtiene la más alta cosecha en un grupo o localidad determinada, y no solamente los resultados de ensayos de un Centro de Investigación. Ello permite trabajar con cifras reales, que podrían ser alcanzadas por todos.

Asimismo, el Cropcheck plantea una aproximación integral del manejo de los factores productivos, indicando que los aumentos de rendimientos se producirán en la medida que todos los factores se manejen correctamente. Para ello los factores identificados se combinan en un paquete de recomendaciones o mejores prácticas de cultivo. El sistema incluye una metodología o proceso de capacitación y entrenamiento para los productores durante toda la temporada y en períodos claves del cultivo. Ello asegura que la metodología base del sistema, así como los aspectos técnicos productivos involucrados en cada cultivo, sean conocidos por todos los participantes. Los productores adquieren nuevas capacidades y conocimientos en forma periódica, ello incentiva la participación y pertenencia.

El sistema de Cropcheck está definido bajo un concepto de grupo, en el que participan tanto productores, como asesores, empresarios agrícolas, investigadores e industriales, y otros profesionales constituyentes de una cadena agroindustrial. Una mayor cantidad de participantes hace que los resultados sean más representativos y que exista un mayor aporte de experiencias posibles de compartir, de las cuales todos puedan aprender.

Es un sistema de aprendizaje colaborativo donde los productores aprenden y comparten conocimientos con sus pares y con los investigadores, teniendo los profesionales de extensión un rol central en facilitar este proceso (Fundación Chile, 2010).



1.3 Literatura Citada

Fundación Chile, 2010. Cropcheck Chile: Sistema de extensión para el sector agroalimentario. Publicado por Fundación Chile. Unidad Cropcheck Chile®. Área Agroindustria Santiago, Chile.

Lacy, J. 2011. Cropcheck: Farmer benchmarking participatory model to improve productivity. *Agric. Syst.* 2011, 104, 562–571, doi:10.1016/j.agry.2011.04.005

CNIC, 2010. Agenda de Innovación y Competitividad 2010-2020. Realizado por Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC), perteneciente a la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).



CAPÍTULO 2

ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA CROP CHECK AL CULTIVO DE ARÁNDANOS.

Autor: Abel González Gelves.
Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

2.1 Elaboración del línea de base

2.1.1 Análisis del entorno de la industria

A nivel global la industria del arándano se ha visto enfrentada a una transformación total. Las fuertes campañas promocionales que muestran al arándano como una súper fruta, con un sinnúmero de propiedades beneficiosas para la salud, están muy acordes a los actuales estilos de vida de las clases medias y altas en Norteamérica, Europa y Asia. En consecuencia, el consumo y la demanda de arándanos se han incrementado en forma exponencial en los últimos años. Como se observa en el Cuadro 1, el movimiento internacional de fruta, se ha triplicado en volumen y aumentado en trece veces su valor, al cabo de los últimos 15 años.

Cuadro 1. Incremento de cantidad y valor de fruta exportado durante los últimos 15 años.

Año	Valor Miles US\$	variación (%)	Cantidad Fresco (Ton)	variación (%)
2015	1.991.971	1.315%	367.433	371%
2010	984.189	650%	214.823	217%
2005	396.375	262%	131.095	132%
2001	151.458	100%	99.000	100%

Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org

Por su parte Chile se ha transformado en el principal exportador de arándanos en contra estación del hemisferio sur, abasteciendo el invierno de Estados Unidos, Europa y Asia. Lo anterior, ligado al incremento de la demanda, debido en gran parte a la diversificación de formatos y posibilidades de consumo, en un entorno donde cada año más de 4 mil nuevos productos que contienen arándanos entran en el mercado. En los Estados Unidos, el mayor consumidor mundial de la cosecha, el consumo promedio per cápita de arándanos frescos ha crecido por sobre el consumo de arándanos procesados a una

tasa anual del 6,6 por ciento desde 1980 y ahora asciende alrededor de 1,25 libras (567 g) por persona. El consumo de arándanos procesados se estima en 1.09 libras (459 g) con el consumo total anual de arándanos per cápita de los EE.UU. en 2.2 libras (1.026 g) por persona (U.S. Highbush Blueberry Council, 2013).

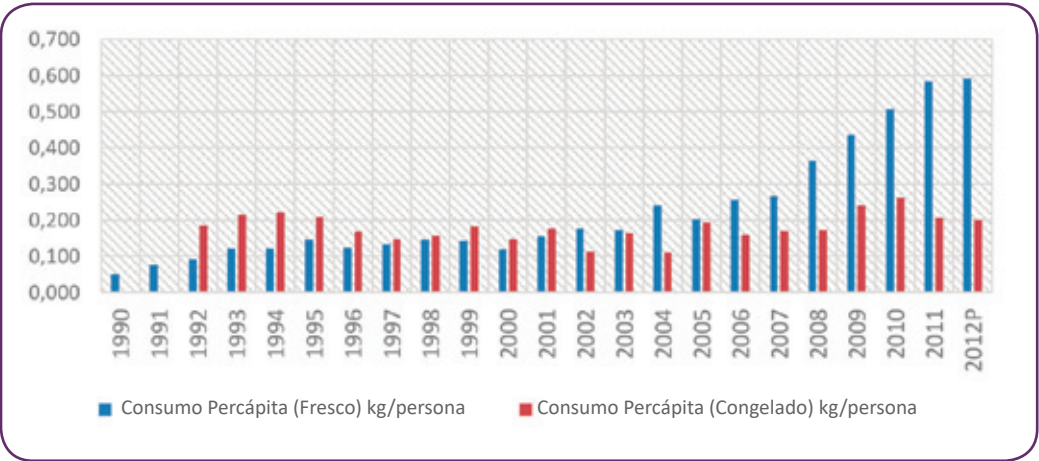


Gráfico 1. Consumo per cápita de arándanos frescos y congelados en Estados Unidos.

Fuente: Adaptación de Yearbook, USDA, 2013.



2.1.2 Chile en el entorno mundial de arándanos

En el cuadro 2 se muestra un ranking de los diez principales países importadores de arándanos desde Chile.

Cuadro 2. Principales 10 países importadores de arándanos provenientes de Chile en valor (Miles (USD) y Cantidad en Ton.

Países Importadores	Ran- king	Indicadores comerciales	Participación de las expor- taciones para Chile (%)	Cantidad ex- portada en 2015 (Ton)	Valor unitario (USD/ unidad)
		Valor expor- tada en 2015 (miles de USD)			
Estados Unidos de América	1	340.205	62,1	55.285	6.154
Reino Unido	2	60.261	11	9.502	6.342
Países Bajos	3	56.221	10,3	9.403	5.979
China	4	38.953	7,1	5.767	6.754
Canadá	5	17.981	3,3	2.879	6.246
República de Corea	6	10.111	1,8	1.239	8.161
Japón	7	4.956	0,9	447	11.087
Hong Kong, China	8	4.500	0,8	702	6.410
Alemania	9	4.482	0,8	726	6.174
Taipei Chino	10	2.321	0,4	250	9.284

Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org

El cuadro 2 deja en evidencia que el principal comprador del arándano chileno es Estados Unidos. Lo anterior, favorecido por la gran ventaja comparativa de Chile de abastecer con frutas en contra-estación los mercados del Hemisferio Norte. Dada su posición geográfica es quien hasta ahora mejor puede abastecer la demanda de invierno del principal mercado de arándanos en el mundo. En cuanto a la evolución de mercados de destino, Norteamérica (Estados Unidos y Canadá) sigue siendo el principal comprador histórico del arándano chileno, concentrando el 67% de las exportaciones, y es donde se juega la mayor parte de los resultados de la temporada. Por otra parte, los mercados de Europa y Asia, de manera muy rápida y promisoría siguen creciendo en participación, alcanzando esta temporada entregas del 23% y 10% respectivamente.

Cuadro 3. Evolución de los mercados de exportación arándanos frescos de Chile (Ton).

Temporada	Volumen Fresco	Norte América		Europa		Asia	
2010-2011	69.922	58.734	84%	8.391	12%	2.098	3%
2011-2012	70.804	55.935	79%	11.329	16%	2.832	4%
2012-2013	86.49	66.597	77%	14.703	17%	4.325	5%
2013-2014	69.949	44.822	64%	16.042	23%	6.037	9%
2014-2015	91.210	61.257	67%	21.028	23%	9.143	10%
2015-2016	91.420	63.253	69%	19.603	21%	8.122	9%
2016-2017	102.949	67.648	66%	22.651	22%	12.425	12%

Fuente: Odepa-Aduandas, 2017

Como se observa en el Cuadro 3, las fronteras del mercado se han abierto de manera muy rápida y promisoria para los destinos Europa y Asia, donde la característica que une a los consumidores, es poseer un alto poder adquisitivo y exigencias mayores por fruta de calidad. Dichos mercados se caracterizan a su vez por pagar mayores precios y con claras posibilidades de seguir expandiéndose en el mediano plazo. De esta manera, Europa continental y China, son los mercados que año a año siguen incrementado el consumo de arándanos y en efecto abriendo demanda, expandiéndose a distintos segmentos de consumidores de clase media y acomodada, dado las características propias del arándano, el cual se adapta a innumerables tipos de formatos y conveniencia, acorde a los actuales estilos de vida, donde el valor del tiempo y el componente alimento saludable, son los indicadores que añaden más peso a las expectativas de la demanda futura por parte de Chile. La oferta todavía puede sostener el potencial de la demanda que se estima crecerá en forma acelerada en países cuyas estructuras sociales ven mejorados sus niveles de ingresos. Lo anterior queda explicado en forma más clarificadora en el Cuadro 4, el cual da cuenta de indicadores de las tasas de crecimiento de los mercados de países socios de Chile.

Estados Unidos, si bien representa un 40% de las importaciones mundiales de arándanos, el crecimiento en cantidad, toneladas de fruta en los últimos 4 años enviadas desde Chile, se mantiene constante. No obstante, el crecimiento de las importaciones de arándanos en Estados Unidos ha crecido en el orden de un 12%, lo que indica claramente que han entrado competidores cercanos. Chile al mismo tiempo representa un 26% de la fruta que consume Estados Unidos.



Cuadro 4. Indicadores comerciales y logísticos de los principales países socios de Chile.

Importadores	Ranking	Tasa de crecimiento de los valores exportados entre 2011-2015 (% p.a.)	Tasa de crecimiento de las cantidades exportadas entre 2011-2015 (% p.a.)	Tasa de crecimiento de los valores exportados entre 2014-2015 (% p.a.)	Posición relativa del país socio en las importaciones mundiales	Participación de los países socios en las importaciones mundiales (%)	Tasa de crecimiento de las importaciones totales del país socio entre 2011-2015 (% p.a.)	Distancia media entre los países socios y todos los mercados proveedores (km)	Concentración de las proveedores de los países socios
Estados Unidos de América	1	3	-2	-4	1	40	12	5.379,00	0,26
Reino Unido	2	22	20	19	2	11,1	7	6.680,00	0,14
Países Bajos	3	23	23	-21	4	8,3	27	7.090,00	0,22
China	4	338	268	6	6	3,4	264	18.795,00	0,99
Canadá	5	60	56	0	3	8,4	-3	4.669,00	0,41
Corea, República de	6	242	176	0	16	0,9	681	16.164,00	0,6
Japón	7	-9	-15	-38	14	1,1	-3	12.698,00	0,33
Hong Kong, China	8	-14	-11	-52	12	1,4	17	16.315,00	0,41
Alemania	9	55	61	-38	5	6,4	25	4.366,00	0,17
Taipei Chino	10	25	22	-46	22	0,5	26	14.851,00	0,44

Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org

Perspectivas para una diversificación de mercados para un producto exportado por Perú en 2015
Producto : 081040 Arándanos rojos, mirtilos y demás frutos del género "Vaccinium", frescos

El gráfico de burbujas muestra la siguiente información:

- Eje Y:** Crecimiento anual de los valores importados por los países socios desde el mundo entre 2011-2015, %.
- Eje X:** Participación de los países socios en las exportaciones para Perú, 2015, %.
- Legenda:**
 - N.A.
 - Burbuja de referencia
 - El tamaño de las burbujas es proporcional a la participación del país socio en las importaciones mundiales para el producto seleccionado.
- Países etiquetados:** Emiratos Árabes Unidos, El Salvador, Tailandia, España, Malasia, Costa Rica, Suiza, Singapur, Alemania, Bélgica, Dinamarca, Hong Kong, China, Arabia Saudita, Francia, Italia, Canadá, Rusia, Federación de.
- Países de referencia:** Países Bajos, Estados Unidos de América.
- Nota:** Escala: 8 % de las importaciones mundiales.

Figura 2. Perspectivas de diversificación de mercados para arándanos frescos exportados por Perú.

Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org



Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org

El Consejo Nacional Agrícola (CNA) de México señala que la conversión a frutos rojos, o bayas, ha dado buenos resultados. México comenzó a aumentar las plantaciones de bayas hace diez años, principalmente debido a la entrada de grandes empresas en el país, pero en los últimos cuatro años también los pequeños agricultores comenzaron a plantar en nuevas áreas. Ambos han impulsado al sector que ahora cuenta con actores más fuertes y se potencia a raíz también de un crecimiento de la demanda.

Según la CNA, alrededor del 60% de los productores de bayas en México son empresas extranjeras, mientras que el 40% son nacionales. La industria creció a una tasa del 20% anual y espera crecer al mismo nivel durante los próximos cuatro años, duplicando el área de producción y las exportaciones. Las exportaciones entre 2014 y 2015 subieron un 20% y en los últimos 10 años han aumentado un 86% en volumen y un 90% en beneficios. Como resultado, las bayas se convirtieron en el tercer producto de exportación más vendido detrás de tomates y aguacates, desplazando a otros productos como pimienta, melón, sandía, papaya y mango (Figura 3).

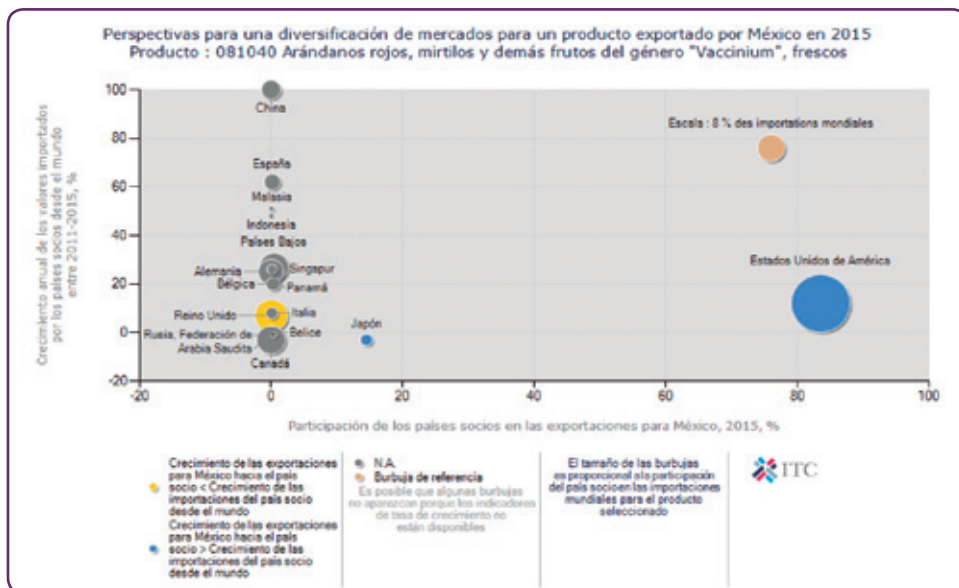


Figura 3. Perspectivas de diversificación de arándanos para el mercado Mexicano.

Fuente: ITC, 2017. Adaptación de datos del CCI. Centro de Comercio Internacional. www.trademap.org

2.1.3 Cadena de valor de la industria de arándanos en la zona sur de Chile.

En la década de los ochenta se establecieron los primeros huertos comerciales de arándanos en la zona, los cuales actualmente sobreviven con plantas que se acercan a los 30 años desde su establecimiento. El Catastro Frutícola realizado por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) el año 2012, indica que la superficie

de arándanos establecida en la zona sur de Chile corresponde a 4 mil 221 hectáreas. Según estimaciones realizadas por ODEPA-CIREN, 2016, actualmente la superficie de arándanos en la zona sur de Chile sobrepasaría las 4 mil 100 hectáreas (Gráfico 2).

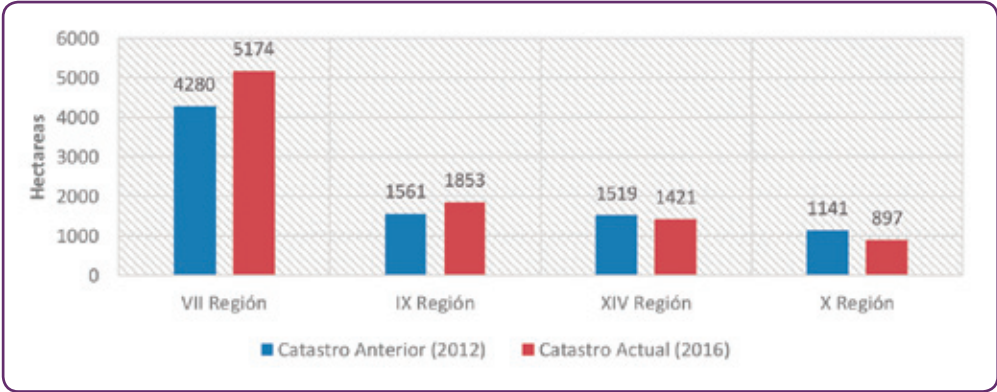


Gráfico 2. Variación de superficie plantada con arándanos. Periodo 2012-2016.

Fuente: Odepa-Ciren 2012 y 2016.

El rubro “arándanos” en la zona, está representado en su gran mayoría por pequeñas y medianas empresas agrícolas, con superficies que abarcan desde 1 hasta 30 hectáreas. Según estadísticas del Censo Agropecuario INE 2007, el promedio de estas superficies alcanza las 13 hectáreas.

La estructura organizacional de los predios menores de 30 hectáreas, generalmente está definida por el empresario en conjunto con uno ó dos jefes de huerto. El empresario es el responsable de las compras de insumos y la gestión comercial del huerto. El perfil de los encargados de huerto corresponde a profesionales y técnicos provenientes de colegios agrícolas o de educación superior, que dan respuesta a los temas técnicos de manejo agronómico.

La cosecha en la zona se concentra entre los meses de diciembre hasta marzo, siendo las principales variedades las de tipo Nothem Highbush, de altos requerimientos de horas frio (HF) invernal (> 800 HF), y entre las cuales predominan aquellas de libre acceso, tales como Duke, Bluecrop, Briggita, Legacy y Elliot. En general predios con producciones que superan los 200 toneladas, agregan un eslabón en la cadena de procesamiento, realizando sus propias labores de selección (fresco e IQF) y embalado de fruta. Posteriormente, la fruta es comercializada a través de empresas exportadoras, que distribuyen la fruta a los mercados de Norteamérica, Asia y Europa; principalmente para las industrias de consumo fresco y la industria de alimentos procesados. Existe además un grupo de productores pequeños y medianos que están exportando en forma directa, siendo esta una tendencia en aumento. Dado lo anterior, se han debido

incorporar permanentemente protocolos e innovaciones solicitadas de manera directa por las exportadoras para acceder a los mercados de destino; dejando de manifiesto la alta capacidad de adopción tecnológica por parte de los productores. A continuación en la Figura 4, se muestra en forma esquemática la cadena de valor de la producción de arándanos.



Figura 4. Cadena de Valor de la producción de arándanos en el Sur de Chile.

2.1.4 Ubicación geográfica de los huertos

El programa Cropcheck se implementó en conjunto con 26 productores de arándanos, abarcando 13 comunas de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. En la Figura 5, se presenta la distribución geográfica de la ubicación de los huertos de los productores seleccionados Cropcheck.



Figura 5. Distribución geográfica de los huertos participantes del programa Cropcheck en arándanos.

Fuente: © 2015 Google. US Dept of State Geographer. Image Landsat.

2.1.5 Descripción y análisis de la productividad y calidad de huertos Cropcheck temporada 2013-2014

Sistema de producción, tamaño y productividad de los huertos: el tamaño de los huertos varió en el rango de 4 hasta 57 hectáreas, promediando 14,6 hectáreas. Se clasificaron como “pequeños” a productores que manejan un rango de superficie entre 0 hasta 8 hectáreas; “medianos” a productores que manejan un rango de superficie entre 8 hasta 16 hectáreas y “grande” a los productores que manejan una superficie mayor a 16 hectáreas. A continuación se presenta un cuadro resumen que describe información regional, edafoclimática, superficies, producción, rendimientos y calidad de la temporada 2013-2014.

Cuadro 5. Resumen general temporada 2013-2014, productores participantes del Cropcheck en arándanos. Incluye superficie en formación de los huertos.

Tipo de Producción / Tamaño Productor	Productor (N°)	Superficie Promedio Plantada (ha)	Rendimiento Huerto (kg/ha)
Convencional	23	14.9	8,618.5
Grande	7	28.3	8,840.4
Mediano	9	12.4	6,898.8
Pequeño	7	4.8	10,652.6
Orgánico	3	12.5	7,215.6
Grande	1	18.5	3,931.6
Mediano	1	13.0	8,576.9
Pequeño	1	6.0	9,138.2
Total general	26	14.6	8,443.1

Fuente: Plataforma frutícola INIA Carillanca. En base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

Como se puede observar en el Cuadro 5, del total de productores, tres producen con certificación para agricultura orgánica. Si bien el número de productores orgánicos es bajo en relación a aquellos que producen en forma convencional, se aprecia una merma productiva de 16% entre las dos formas de producción.

Un aspecto relevante a considerar dentro de este primer análisis de la línea base es la tendencia que existe entre el tamaño de las explotaciones y los rendimientos. Se observa una relación inversamente proporcional entre extremos de superficie y rendimiento, de esta forma para la producción convencional los productores “pequeños” presentan rendimientos en promedio 17% superiores a productores “grandes”. En producción



orgánica se incrementa aún más esta diferencia, con rendimientos 57% superiores de productores “pequeños” respecto a los “grandes”. Estas diferencias podrían explicarse por distintas causas, pero una de las principales es el control de gestión y administración, el cual se ve dificultado cuando aumenta el número de hectáreas de un proyecto, ya que a la vez se incrementan las actividades diarias en momentos críticos e implica que se descuiden manejos claves del cultivo, formándose un círculo vicioso que merma la producción. A modo de ejemplo: se puede mencionar que en un huerto “pequeño” de producción orgánica de superficie menor a 8 hectáreas se hace más manejable el control de malezas en comparación a un huerto “grande” mayor a 16 hectáreas. Lo anterior, ya que a inicios de primavera esta labor demanda un alto número de mano de obra (lo que actualmente es un punto crítico en la industria de la zona sur), para controlar la flora acompañante competitiva que crece con vigor en primavera, sobre toda la superficie de forma paralela.

Este ejemplo puede extrapolarse a todos los manejos agronómicos, tanto en huertos convencionales como orgánicos, incluyendo las labores de cosecha. Por otro lado, es importante mencionar que los huertos “grandes” por lo general coinciden ser los huertos con mayor antigüedad, existiendo probablemente cuarteles en producción envejecidos que promedian un menor rendimiento.

Rendimiento medio y categorías de producción: durante la temporada 2013-2014 el rendimiento promedio de la producción de arándanos bordeó alrededor de 8,4 ton/ha. De un total de 26 productores la producción global de los huertos superó los 3 millones de kilos. La superficie total de los huertos participantes en el programa alcanzó las 380.3 hectáreas, representando aproximadamente el 10% de la superficie productiva del sur de Chile.



Cuadro 6. Línea de base proyecto Cropcheck en arándanos temporada 2013-2014.

Región/ Zona Agroecológica	Pro-duc-tor (n°)	Superfi-cie Plan-tada (ha)	Producción Huerto (kg)	Rendi-miento Huerto (kg/ha)	Volúmen fruta emba-lada (kg)	Volúmen IQF (kg)	Relación Fresco IQF Huerto (%)
La Araucanía	15	233.6	2,139,659.0	9,862.0	1,607,653.0	506,613.0	75.2%
Secano Interior	2	51.0	484,347.0	9,572.8	393,674.0	66,673.0	84.5%
Valle Central Norte	1	57.0	730,000.0	12,807.0	561,000.0	169,000.0	76.8%
Valle Central Sur	6	67.1	540,483.0	12,123.6	365,433.0	173,657.0	69.4%
Secano Costero	1	12.5	70,000.0	5,600.0	50,000.0	20,000.0	71.4%
Precordillera	5	46.0	314,829.0	7,979.5	237,546.0	77,283.0	77.7%
Los Ríos	8	100.6	724,349.0	6,851.7	397,878.0	322,106.0	58.2%
Huichaco	3	32.5	186,300.0	5,251.6	143,356.0	38,579.0	64.4%
Itropulli	2	33.1	258,549.0	7,148.4	155,330.0	103,219.0	67.4%
Remehue Norte	1	18.0	168,000.0	9,333.3	32,292.0	135,708.0	19.2%
Remehue Sur	2	17.0	111,500.0	8,576.9	66,900.0	44,600.0	60.0%
Los Lagos	3	46.1	256,423.0	5,535.1	156,848.0	99,575.0	60.0%
Remehue Sur	3	46.1	256,423.0	5,535.1	156,848.0	99,575.0	60.0%
Total general	26	380.3	3,120,431.0	8,443.1	2,162,379.0	928,294.0	68.3%

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca. En base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

A nivel regional, se observa que el rendimiento decreció a medida que se avanza hacia el sur. Los productores de La Araucanía presentaron los mayores rendimientos promedio acercándose a las 10 ton/ha. En el otro extremo, productores de Los Lagos promediaron rendimientos de huerto de 5,5 ton/ha. Similar comportamiento presentó la relación Fresco/IQF donde los mayores porcentajes de fresco se presentaron en La Araucanía, promediando un 75%, mientras que las regiones de Los Ríos y Los Lagos se acercaron al 60% de fruta fresca exportada. Cabe señalar que dichos resultados, representan sólo una temporada y no corresponde a una tendencia, puesto que para ello deberíamos evaluar un mayor número de años.

2.1.6 Efecto de clima y la latitud sobre el rendimiento

En cuanto a requerimientos térmicos, la especie de “Arándano Alto” (Highbush), está dividida en variedades ideales para zonas de menor requerimiento de frío “Southern highbush” y las de mayores requerimientos de frío en receso invernal “Northern highbush”. Estas últimas, por lo general son variedades autofértiles y cuyo requerimiento

de horas frío (HF) es al menos de 800 horas, a menos que se indique lo contrario (Retamale y Hancock, 2012). Las necesidades de acumulación de horas recomendados para las variedades en estudio se ubican en el rango de 700 a 1.000 HF (base 7) (Retamales y Hancock, 2012).

Al observar los promedios de HF durante la temporada 2013-2014, se aprecia que en cada una de las zonas agroecológicas, se cumplen largamente los requerimientos mínimos de frío de las variedades (Cuadro 7).

Cuadro 7. Rendimiento promedio productores cropcheck y parámetros climáticos promedio según región y zona agroecológica temporada 2013-2014.

Región / Zona Agroecológica	Promedio de Rendimiento Huerto (kg/ha)	Suma de Horas Frío (Base 7°C)	Suma de Grados Día (Base 10°)
La Araucanía	8,819	1,153	752
Secano Interior	9,572.8	1,161	830
Valle Central Sur	12,123.6	1,054	960
Secano Costero	5,600.0	1,032	554
Precordillera	7,979.5	1,274	663
Los Ríos	6,851.7	1,258	638
Huichaco	5,251.6	1,265	656
Itropulli	7,148.4	1,369	555
Remehue Norte	9,333.3	1,139	703
Los Lagos	5,535.1	1,262	637
Remehue Sur	5,535.1	1,262	637

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca. En base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos. [http://agromet.inia.cl-Red Agrometeorológica de INIA \(promedio de todas las estaciones por zona agroecológica\).](http://agromet.inia.cl-Red Agrometeorológica de INIA (promedio de todas las estaciones por zona agroecológica).)

En relación a los grados día, a primera vista se podría establecer un cierto grado de asociación entre la acumulación de calor y el rendimiento de los huertos. Al comparar zonas agroecológicas que superan los 800 grados día, es posible visualizar un aumento en los rendimientos. La zona con mayor acumulación de grados día, que corresponde al Valle Central de La Araucanía, promedia los mayores rendimientos. En general, se da la tendencia de disminución de rendimientos en las zonas donde existe menor acumulación de calor. No obstante, dicha tendencia es poco clara al hacer el filtro por variedad, y agregar el componente genético y ambiental sobre la productividad de los huertos. La variedad Briggitta y Elliot, muestran una mayor productividad en La Araucanía respecto a las regiones de Los Ríos y Los Lagos cuando la suma térmica supera las 800 días grados. Legacy en contraste, se muestra indiferente a la suma de temperaturas tanto horas frío como acumulación de calor cuando se evalúa su comportamiento productivo (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento de variedades de arándanos en la zona sur de Chile.

Región/Variedad	Promedio de Rendimiento Variedad (kg/ha)	Promedio de Suma de HF	Promedio de Suma de Grados Días (Base 10°)
La Araucanía			
Duke	7.565	1.180	765
Brigitta	11.791	1.241	776
Legacy	9.701	1.275	729
Elliott	11.282	1.116	887
Los Ríos			
Brigitta	7.206	1.332	689
Legacy	9.539	1.452	542
Elliott	4.175	1.275	653
Los Lagos			
Legacy	9.056	1.184	694
Elliott	6.700	1.184	694

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca. En base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

2.1.7 Efecto del clima sobre el porcentaje de fruta exportable

En al actual contexto de cambio climático y la ampliación de las fronteras de la fruticultura hacia latitudes mayores en el sur de Chile, es preciso adelantar el efecto que los eventos climáticos ocasionan en la fruta y determinan generalmente la diferencia entre el éxito y el fracaso de una explotación frutícola orientada al mercado de consumo en fresco. En el Cuadro 9 se muestran las frecuencias e intensidad de las precipitaciones ocurridas en verano correspondiente a la temporada 2013-14.



Cuadro 9. Registros de precipitaciones acumuladas y número de eventos durante la temporada de cosecha 2013-2014 en el sur de Chile.

Región / Zona Agroecológica	Dic-13		Ene-14		Feb-14	
	Precipitación acumulada (mm)	N° de precipitaciones > 10mm	Precipitación acumulada (mm)	N° de precipitaciones > 10mm	Precipitación acumulada (mm)	N° de precipitaciones > 10mm
La Araucanía	8.9	0	80.1	1.75	16.35	0
Secano Costero	16.2	0	82.1	2	23.2	0
Secano Interior	6.2	0	38.2	1	13.2	0
Valle Central	6.6	0	102.7	2	15.1	0
Precordillera	6.6	0	97.4	2	13.9	0
Los Ríos	21.2	1.0	84.0	4.0	31.8	1.0
Huichaco	22.95	1	116.05	6	34.55	1
Itropulli	25.5	1	88.5	3	34.6	1
Remehue	15.25	1	47.4	3	26.2	1
Los Lagos	14.2	0	50.7	2	28.3	1
Remehue	14.2	0	50.7	2	28.3	1

Fuente: <http://agromet.inia.cl>-Red Agrometeorológica de INIA (promedio de todas las estaciones por zona agroecológica).

Como se observa en el cuadro 9, durante el mes de enero (período de plena cosecha) en las regiones de Los Ríos y los Lagos, hubo entre tres y seis eventos de precipitaciones en los cuales se registra más de 30 mm de agua caída. En el Cuadro 10 se da cuenta de las consecuencias sobre la caída en el porcentaje de fruta embalable tras eventos de dicha magnitud.

Cuadro 10. Relación Fresco/IQF productores Cropcheck, temporada 2013 – 2014.

Región	Suma de Volumen fruta embalada (kg)	Suma de Volumen IQF (kg)	Promedio de Fresco (%)	Promedio de IQF (%)
La Araucanía	1,607,653	506,613	76%	24%
Los Ríos	397,878	322,106	55%	45%
Los Lagos	156,848	99,575	61%	39%
Total general	2,162,379	928,294	64%	36%

Fuente: Plataforma frutícola INIA Carillanca. En base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

Como se observa, es considerable el porcentaje de fruta destinada a IQF en la temporada del total de producción en las 3 regiones de la zona sur. Los factores climáticos, principalmente las precipitaciones que afectaron la zona en verano durante la temporada 2013-2014, están altamente relacionados con el porcentaje de fruta destinada a IQF en cosecha.

Los productores de la Región de Los Ríos destinaron en promedio un 45% de volumen de fruta a IQF, lo que se puede asociar a los 137 mm totales caídos desde diciembre de 2013 hasta febrero de 2014, con 6 eventos de precipitaciones mayores a 10 mm en plena cosecha.

La Región de La Araucanía presentó el menor porcentaje de IQF, registrándose 105 mm de agua en igual período de tiempo. A diferencia de Los Ríos, en La Araucanía hubo solo 2 eventos con precipitaciones mayores a los 10 mm en el mismo lapso de tiempo, es decir, las precipitaciones caídas en la región fueron de menor intensidad que en Los Ríos y Los Lagos.

Otro aspecto negativo atribuible a problemas de calidad, es la influencia de las precipitaciones en la frecuencia de cosecha, ya que al producirse un evento de lluvia, las labores de recolección de fruta deben detenerse hasta que la fruta sea secada por el sol, produciéndose colateralmente sobre madurez y ablandamiento de los frutos cosechados en un verano lluvioso. Sumado a lo anterior, de acuerdo a información obtenida por parte de la Unidad de Poscosecha de INIA La Platina, la fruta embalada para fresco en años con altas precipitaciones en cosecha, presenta problemas de condición en destino, expresados principalmente en la presencia del micelio de *Botrytis cinerea*, ablandamiento y deshidratación; principales causas de rechazo en destino, lo que obliga a redestinar un porcentaje importante de fruta embalada para fresco en origen a IQF.

En efecto, el desafío está en tener presente que los eventos climáticos adversos muestran en el sur de Chile una alta frecuencia y que han representado una de las principales causas de pérdida de productividad de los huertos. Como antecedente, se muestra el historial desde 1962 al 2016 de las anomalías (%) de precipitaciones de verano (diciembre-enero y febrero) entre Temuco y Puerto Montt.

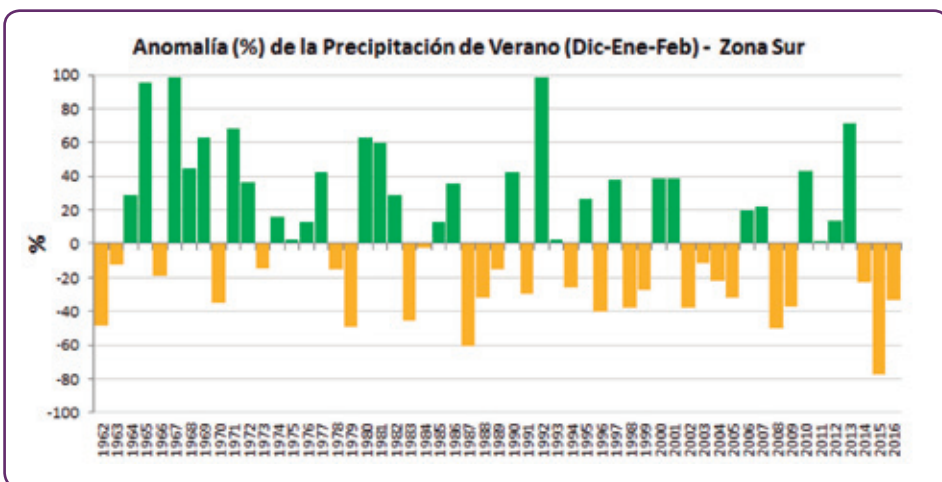


Gráfico 3. Anomalia de las precipitaciones de verano en el sur de Chile.

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile. Gentileza Juan Quintana. Meteorólogo DMC.

Las barras verdes indican años en veranos con porcentajes (%) de superávit de precipitaciones sobre la media en los meses de cosecha y las amarillas el déficit. Por lo tanto, desde el año 2000 a la actualidad se cuentan 8 veranos con superávit de lluvias en cosecha. Destaca el verano de 2015 como el más seco en 55 años. Según Quintana, los pronósticos del verano 2017, indican para la zona sur, precipitaciones en torno a lo normal, no descartándose algunos episodios de precipitación atípicos para la estación de verano.

2.1.8 Efecto de la acidificación de los suelos sobre la productividad y calidad de arándanos

Actualmente la producción de arándanos es un buen negocio en la medida que el rendimiento de un huerto en promedio supere las 10 ton/ha. Las tecnologías de regulación de carga frutal, nutrición racional y riego, son el sostén de alta productividad, y aseguran además una calidad y condición de cosecha capaz de soportar largos períodos de viaje, manteniendo la calidad del producto apetecido por los consumidores.

Desde el punto de vista de la nutrición, alcanzar los niveles adecuados de suministro de nutrientes en el suelo y al mismo tiempo mantener relaciones óptimas entre ellos, es la clave para obtener alta productividad en huertos de arándanos. A pesar de ello, es uno de los factores de manejo, que menos importancia le ha otorgado el productor. No es posible elevar la productividad del cultivo, cuando los niveles óptimos nutrientes en el suelo, no han sido alcanzados.

El cuadro siguiente, da cuenta de aquellos niveles críticos de nutrientes bajo los cuales se compromete la productividad de los huertos.

Cuadro 11. Niveles críticos en suelos volcánicos para el cultivo del arándano en el sur de Chile.

Elemento	Nivel crítico Suelo	Rango Normal Foliar	Fecha de Muestreo
pH	> 5,5		
Nitrógeno Disponible	50 – 60 mg kg ⁻¹	1,8-2,2%	15 Nov-15 Dic
Fósforo	16 mg kg ⁻¹	0,07-0,08%	15 Mar-15 Abr
Potasio	100 mg kg ⁻¹	0,55-0,8%	15 Mar-15 Abr
Calcio	> 0,60 cmol _c kg ⁻¹	0,4-0,6%	15 Mar-15 Abr
Magnesio	> 0,20 cmol _c kg ⁻¹	0,09-0,14%	15 Mar-15 Abr
Azufre	> 13 mg kg ^{-1*}	0,09-0,2%	15 Nov-15 Dic
Cobre	0,90 mg kg ⁻¹		15 Mar-15 Abr
Aluminio int (máximo)	>0,20 cmol _c kg ^{-1*}	< 60 mg/Kg	15 Nov-15 Dic

Fuente: Proyecto FIA PYT 2009-0080 Pinochet, 2014. *Corresponde al nivel crítico máximo en el suelo.

A continuación, en el Gráfico 4 se presentan los niveles de cada nutriente del universo de los 26 de productores y el porcentaje de productores o unidades Cropcheck que se encuentran bajo los niveles críticos, afectando la productividad de los huertos.

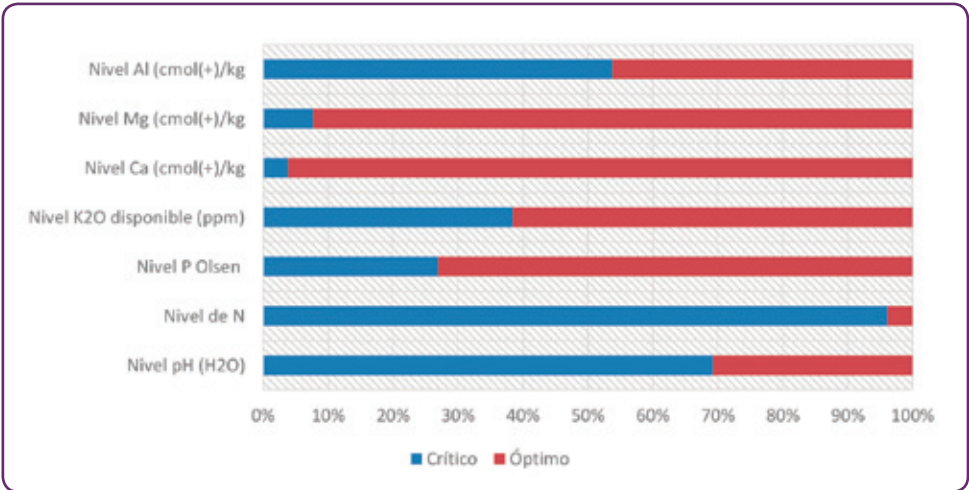


Gráfico 4. Proporción de niveles críticos y óptimos de nutrientes en el suelo, de las unidades Cropcheck correspondientes a los 26 productores de arándanos del Sur de Chile.

Del Gráfico se desprende que los niveles de acidez y aluminio en un 50% de los casos se encuentran bajo los niveles críticos. Ambos parámetros que dan cuenta del origen de los suelos volcánicos del sur de Chile y su natural tendencia a la acidificación, son dominantes en cuanto a la disponibilidad y equilibrio de los nutrientes en el suelo. La acidez de los suelos limita el crecimiento de los cultivos debido a una combinación de factores, entre los cuales está la toxicidad por aluminio y manganeso (Sadzawka y Campillo, 1993), liberados debido al incremento de la concentración de ion hidrógeno (H^+). Esto tiene a su vez un efecto *per sé* sobre los cultivos (Borie *et al*, 1995), y la deficiencia de nutrientes esenciales, especialmente calcio, magnesio, potasio, sodio, fósforo y molibdeno (Pinilla, 1993). Por su parte, el aumento de los niveles de aluminio en el suelo baja la eficiencia de la fertilización, debido al escaso desarrollo radical que alcanza la planta. Con ello, la capacidad de captar nutrientes del suelo disminuye. Además, la capacidad del suelo para fijar el fósforo aumenta, porque se establecen fuertes enlaces con el aluminio, impidiendo la absorción de este nutriente esencial para las plantas (Mora, 1994).

En el Gráfico 5 se muestran los resultados de los 26 análisis foliares de las unidades Cropcheck en estudio.

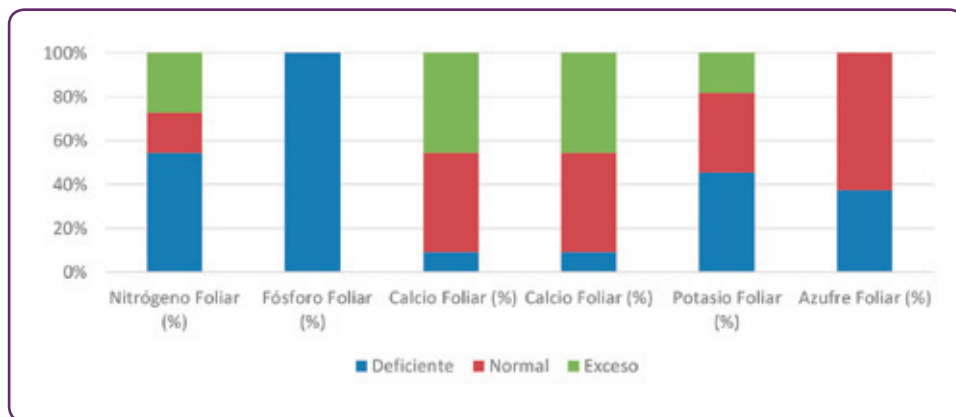


Gráfico 5. Proporción de suficiencia de nutrientes en las hojas, referentes a las unidades Cropcheck de 26 productores de arándanos del Sur de Chile.

Al analizar el contenido de nitrógeno en el suelo en más de la mitad de los casos, el nitrógeno foliar marca por debajo de los límites de concentración crítica en el suelo afectando el rendimiento actual, en el corto y mediano plazo comprometiendo el vigor producción de yemas reproductivas, producción de brotes basales de renuevo en los huertos. La correlación de los niveles bajo de nitrógeno en suelo y a nivel foliar es alta, marcando deficiencia en un 50% de los casos en estudio.

Lo anterior, es de suma relevancia, debido a que el manejo del N en arándanos debe ser muy ajustado y racional puesto que fertilizaciones excesivas con este nutriente

correlaciona directamente con el ablandamiento de la fruta. No obstante lo anterior, al parecer los resultados de los análisis de suelo indican que la reducción de las dosis de nitrógeno en pos de una mayor firmeza de fruta, han llegado a un extremo donde es posible observar niveles deficientes de nutriente en el cultivo.

El N es constituyente de vitaminas, proteínas, ácidos nucleicos, hormonas del crecimiento, acelerador de la división celular y del crecimiento de las raíces, cumple un rol fundamental en la síntesis de clorofila y por ende en la fotosíntesis. Es el responsable directo del desarrollo foliar de las plantas, del crecimiento de los brotes, de la producción del cultivo y el desarrollo de las yemas florales para el período productivo siguiente, siempre y cuando presente un nivel adecuado en los tejidos de la planta (DeFrancesco, 1987; Razeto, 1972).

Bañados (2005), manifiesta que la absorción de N desde el suelo esta mayormente regulada por la demanda que por la oferta, la cual principalmente se generaría a través de flujo de masas por medio de la absorción de agua necesaria para reponer pérdidas por transpiración, al igual como ocurre con la absorción de otros nutrientes como Ca y Mg (Hinsinger 1998, citado por Hirzel, 2008).

Bañados (2005) recomienda que la dosis de aplicación del fertilizante N en arándano se debe realizar de acuerdo a la edad y rendimiento de la planta, ya que una aplicación excesiva o tardía produciría retraso del crecimiento (elongación) de madera del año (brotes) debido a estímulos sucesivos de flujos de crecimiento aumentando el riesgo de daño durante la época invernal, retraso del desarrollo de las yemas florales hasta muy tarde en otoño exponiéndolas a las bajas temperaturas invernales (Vidal et al. 1999; Bañados, 2007), maduración tardía de bayas y desbalance en la planta junto a un excesivo vigor (Opazo, 2006; Bañados, 2005)

La principal reserva de nitrógeno mineral del suelo se encuentra en la materia orgánica (Korkak, 1988; Hirzel, 2008; Ortega y Mardonez, 2005), en la cual es posible encontrar una fracción activa, N-orgánico activo, y una fracción pasiva, N-orgánico pasivo, conformando ambas fracciones el N-total del suelo. Siendo el N-orgánico activo el que participa de la nutrición durante la temporada de cultivo (Rodriguez et al. 2001). Sierra y Rojas (2003) señalan que cerca de 90% de la materia orgánica de los suelos corresponde a fracción humificada y estabilizada, el resto materia orgánica activa potencialmente disponible a los cultivos.

Si bien existe una alta variabilidad del ciclo del nitrógeno en suelo y su fuerte dependencia de la mineralización de la materia orgánica, realizar anualmente análisis de “Nitrógeno Mineralizable” debiera ser uno de los análisis de rutina, dado que a partir de sus resultados será posible determinar suministro de N proveniente de la descomposición de materia orgánica activa del suelo (materia orgánica proveniente de hojas y tallos y frutos).

Por otra parte, el nivel de fósforo en el suelo en la mayor parte de los casos está sobre los niveles críticos. Sin embargo, a nivel foliar acusa niveles de deficiencia en un 100% de los casos. Lo anterior está en línea con los altos niveles de acidez y la alta concentración de aluminio extractable en los suelos.

A nivel de planta, el Al^{+3} interactúa con el P en una reacción de adsorción-precipitación, que ocurre probablemente en la superficie de la raíz y en la pared celular de las células del ápice radical (Wagatsuma y Kaneko, 1987), reduciendo el transporte de P desde la raíz al follaje, por lo que la toxicidad por Al^{+3} se manifiesta con una sintomatología de deficiencia de P en la parte aérea (Wagatsuma y Kaneko, 1987; Domínguez, 1984). Altas concentraciones de Al^{+3} en el suelo también inducen deficiencias de Ca^{+2} (Marschner, 1986) y Mg^{+2} (Grime, 1982).

En el Cuadro 12, se muestra la tendencia observada entre acidificación y rendimiento del cultivo, sobre las 26 unidades Cropcheck en estudio. De esta manera, el pH promedio de 26 unidades de estudio es de 5,3 y disminuye gradualmente desde 5,38 a 5,1, desde La Araucanía hasta Los Lagos. Lo anterior está altamente correlacionado con la concentración de aluminio extractable de los suelos, el cual se encuentra por sobre los niveles críticos que limitan la productividad.

Cuadro 12. Parámetros de acidez en huertos de arándanos y su relación con el rendimiento de los huertos prospectados.

Región/Zona Agroecológica	Promedio de pH (H_2O)	Promedio de Al (cmol(+)/kg	Promedio de Rendimiento U. Cropcheck 2013-14 (kg/ha)	Promedio de Rendimiento Total Huerto (kg/ha)
La Araucanía	5,38	0,50	11.168	9.667
Precordillera	5,58	0,12	11.131	7.980
Secano Costero	4,71	3,17	10.000	5.600
Secano Interior	4,91	0,81	10.619	9.567
Valle Central	5,46	0,31	11.518	11.481
Los Ríos	5,21	0,80	10.481	6.080
Huichaco	5,13	0,54	10.943	5.537
Itropulli	5,04	1,36	13.716	7.058
Remehue	5,40	0,63	7.861	5.970
Los Lagos	5,12	0,35	8.810	5.535
Remehue	5,12	0,35	8.810	5.535
Total general	5,30	0,57	10.684	8.086

Fuente: Plataforma frutícola INIA Carillanca

Es posible observar que todos los rendimientos de las unidades Cropcheck, no son superiores a las 15 toneladas en la hectárea, indicador que está muy lejos de los potenciales alcanzados en variedades como Legacy, las que han superado largamente las 25 toneladas de fruta. Por lo tanto, dicha brecha productiva, no será posible superarla solo con programas de nutrición, cuyo objetivo principal sea cubrir la demanda en función de la fruta exportada y su curva de distribución anual. Lograr niveles productivos altos, requiere empezar desde la base, es decir siendo proactivo en la corrección de los niveles de acidez. Con ello se puede evitar la toxicidad de aluminio y en definitiva formar sistemas radicales potentes, con zonas de extracción de raíces de alto nivel de exploración y con un contenido adecuado de nitrógeno, fósforo y bases de intercambio, capaz de sostener elevados rendimientos y por sobre todo altos ritmos de absorción en momentos críticos como son inducción floral, formación y llenado de frutos y crecimiento vegetativo.

Finalmente, la tendencia a disminuir los rendimientos desde La Araucanía al sur, está relacionada no solo con la acumulación de calor, sino que además debido a la acidificación de los suelos.

2.1.9 Análisis de las variedades Cropcheck en estudio

Actualmente las variedades liberadas en plena producción más difundidas a nivel comercial, que completan el abanico de cosecha desde mediados de diciembre hasta inicios de marzo, son (en orden de producción): Duke, Brigitta, Legacy y Elliot. Sobre éstas variedades se realizaron las evaluaciones del programa, denominándolas “variedades Cropcheck”.

La antigüedad promedio de establecimiento de las variedades Cropcheck, en los huertos asociados al programa, corresponde a nueve años. Como se observa en el Gráfico 6 la distribución porcentual en cuanto a superficie establecida, está levemente inclinada hacia las variedades de media estación como Brigitta y Legacy, las que también presentan los mayores rendimientos promedios (Gráfico 7). Llama la atención como se incrementa gradualmente el volumen de IQF en las variedades según época de cosecha. De acuerdo a lo anterior, Elliot es cosechada con un mayor porcentaje de IQF que fresco, lo cual puede afirmar la influencia del factor de precipitaciones en cosecha que afectaron la temporada (Gráfico 8).

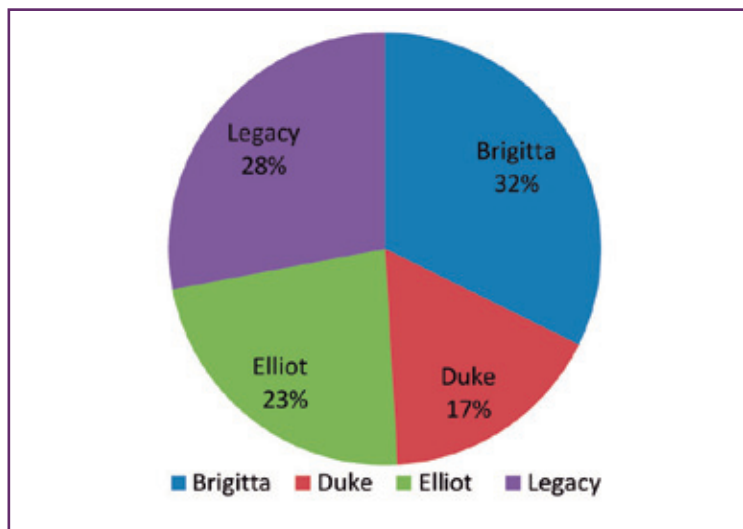


Gráfico 6. Distribución porcentual de variedades establecidas en huertos del programa Cropcheck de la zona sur de Chile.

Fuente. Plataforma Frutícola INIA Carillanca. Elaboración propia en base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

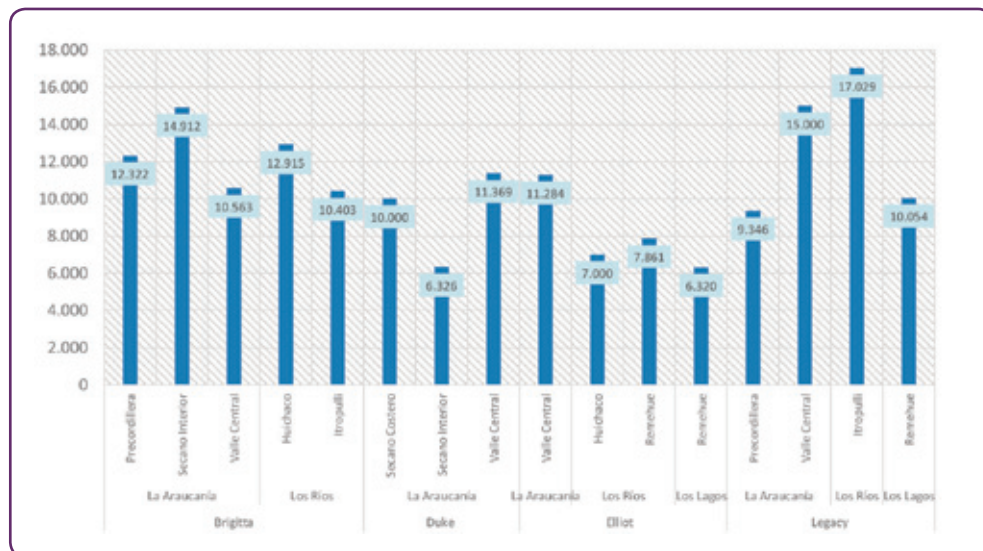


Gráfico 7. Rendimiento promedio de variedades establecidas en huertos del programa Cropcheck de la zona sur de Chile (kg/ha). Temporada 2013-2014.

Fuente. Elaboración propia en base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

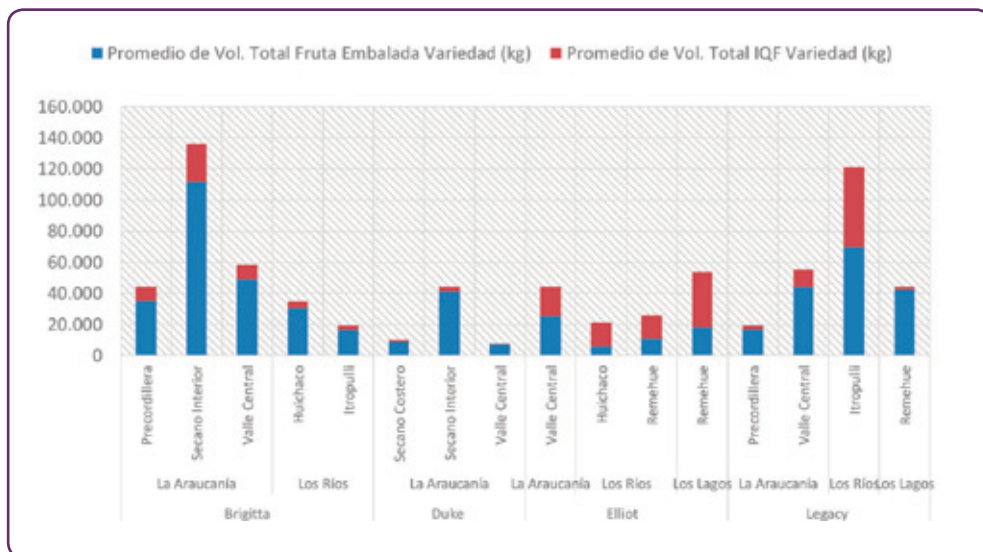


Gráfico 8. Relación Volúmenes Fresco e IQF, variedades establecidas en huertos del programa Cropcheck de la zona sur de Chile (kg/ha). Temporada 2013-2014.

Fuente. Elaboración propia en base a información de 26 productores del programa Cropcheck en arándanos.

En cuanto a la productividad, el efecto de la latitud y longitud y su correlación frente a la acumulación de temperatura, muestra una tendencia a incrementar el rendimiento en la medida que aumenta la temperatura. Dicha tendencia es más pronunciada para las variedades Brigitta y Elliot. Brigitta muestra una mayor productividad en el secano interior, mientras que Elliot, se comporta mejor en el valle Central de La Araucanía respecto a Huichaco y Remehue en las regiones de los Ríos y Los Lagos, respectivamente.

2.2 Descripción de la brecha tecnológica de la industria del arándano de la zona sur de Chile

La caída de precios en la industria del arándano chileno, en comparación a décadas anteriores, y su estabilización durante las últimas temporadas, pone en evidencia que el mercado ha alcanzado un cierto nivel de equilibrio económico entre la oferta y demanda por arándanos frescos, por lo que en el mediano plazo su valor tiende a mantenerse en los actuales niveles.

En dicho escenario, indicadores como bajos rendimientos por hectárea, bajo porcentaje de fruta embalada, pérdida de condición de la fruta en destino, escasez y aumento de los costos de mano de obra, han dejado al descubierto la baja competitividad de un alto número de huertos de arándano en el sur de Chile.

Lo anterior queda de manifiesto al analizar la temporada 2013/2014, en donde el rendimiento promedio en la zona bordeó las 8,4 ton/ha, lo cual es bajo considerando el potencial que podría alcanzarse y que estaría en al menos 15 ton/ha. Al mismo tiempo, sólo el 65% del total de arándanos producidos fueron embalados y cumplen con las exigencias de calidad para el mercado fresco, el 35% restante fue vendido al mercado congelado (IQF) a un tercio del valor de un kilo fresco. Por su parte, de las 1.300 toneladas de fruta destinada al mercado fresco por parte de los 26 productores, el 65% se vendió a Estados Unidos, el 20% a Europa y sólo el 10% restante de la fruta fresca es posible venderla a Asia, al doble del valor de la fruta que es entregada al mercado Americano. Por lo tanto, el precio pagado a productor es un ponderador entre porcentaje de fruta embalada (Fresco/IQF), mercado de destino (USA, Europa y Asia) y época de cosecha (temprana, media y tardía).

Estudios realizados por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), señalan que agricultores cuya productividad promedio es menor a 8 toneladas de fruta, tienen costos unitarios cercanos al precio pago a productor, por lo que bajo estos niveles productivos no es posible mantener la operación de una temporada, ni menos aún apalancar inversión. La razón de que la mayor parte de los productores no logren alcanzar la mejor combinación rendimiento-calidad, es de origen multifactorial y de solución compleja. Entre los factores que explican estos bajos resultados se encuentran:

- **Impedimentos físicos de suelos frenan el crecimiento radical:** es común encontrar altos niveles de compactación en suelo superficial y en profundidad producto tanto del peso de maquinaria como del tránsito de personas. Asimismo capas impermeables como concreciones de fierro limitan el normal crecimiento radical.
- **Podas desvigorizantes:** huertos poco productivos han sido sistemáticamente intervenidos con podas débiles, con el fin de ralear la menor cantidad de yemas productivas y obtener más fruta en el año inmediato. Sin embargo, esta práctica -al mismo tiempo- va en desmedro de la producción de brotes basales, envejeciendo los huertos, impidiendo subir escalones productivos en temporadas futuras.
- **Acidificación de suelos:** por años los suelos de arándano fueron acidificados, dado el origen de suelos ácidos de la especie en estado natural. Esto significó limitar el potencial de rendimiento del cultivo, debido al empobrecimiento de la fertilidad natural de suelos cultivados.
- **Corrección de índices fertilidad:** actualmente los balances nutricionales, se realizan en función de fruta exportada y su curva de distribución anual no considera fertilización de corrección y la tecnología que permita incorporar los nutrientes en profundidad. Corregir y mantener los nutrientes a niveles óptimos

para el cultivo es de alto costo, pero en el mediano plazo es sin duda el camino más sustentable que permite alcanzar los potenciales de rendimiento del cultivo.

- **Disminución de dosis de nitrógeno:** la tendencia actual es a bajar significativamente las dosis de nitrógeno, desde 200 unidades hasta recomendaciones actuales de no más de 30 unidades. Esto último en función de privilegiar mayor firmeza de la fruta, sin evidencia experimental, en desmedro de vigor y caídas futuras de niveles de productividad.
- **Exceso/déficit de riego:** existe desconocimiento respecto a los coeficientes de cultivo para determinar la demanda de agua en arándanos. Actualmente se usa como referencia una constante (K_c) de demanda que no discrimina variedad, índice de área foliar y nivel productivo de la planta. En efecto después de 30 años de cultivo no es posible saber cuánta agua en específico demanda una variedad, cultivada en una zona específica con un nivel de rendimiento determinado.
- **Factores climáticos:** uno de los problemas principales y recurrentes a que se ven enfrentados los huertos, principalmente del sur, son el exceso de precipitaciones en épocas claves del cultivo. Lluvias en el período de floración comprometen en forma significativa el rendimiento. Se ha observado que 100 mm distribuidos en plena floración han causado pérdidas de hasta un 30% de la producción. Por su parte, lluvias de verano en períodos de cosecha, han bajado los niveles de fruta embalada de un 80% a menos de un 60% de fruta embalada. Ambos ponderadores, han sido causa de desestabilización de la competitividad de la industria.

Por lo tanto, para ser aún competitivos en el rubro es necesario incrementar el rendimiento, la calidad y condición de fruta para continuar vigente en el rubro. En dicho escenario, el paulatino aumento en la demanda por parte de mercados atractivos económicamente como Asia y Europa, aparece como una oportunidad de mejores precios, y por ende, mejores retornos al productor. No obstante, gran parte de la fruta cosechada actualmente, no cuenta con la capacidad viajera que involucran estos mercados lejanos para ofrecer grandes volúmenes de fruta fresca. Mejorar la condición en destino es un desafío de la industria, y la incorporación de tecnologías permitirán dar un salto tecnológico, para ir logrando mejoras a las actuales condiciones de comercialización en el mercado norteamericano. Esto permitirá reducir el porcentaje de rechazo en destino, y al mismo tiempo aprovechar la oportunidad de negocio que ofrece los mercados asiáticos y europeos.



De acuerdo a los antecedentes y el análisis presentado en la línea de base de los 26 productores del programa Cropcheck en Arándanos, a continuación se presenta la brecha tecnológica detectada.

Cuadro 13. Descripción de la brecha tecnológica de la industria del arándano del sur de Chile.

Eslabón	Punto Crítico	Situación Actual	Brecha	Mercado De Valor
Comercialización de Arándanos	Alto costo unitario de producción para fruta embalada	Bajos rendimientos por factores climáticos. Baja adopción de tecnologías de manejo en pre cosecha. Bajo porcentaje de fruta fresca embalada en origen por efecto de precipitaciones. Pérdida de condición de fruta en destino por efecto de precipitaciones y sobre madurez en cosecha.	Adopción de tecnologías de pre cosecha para incrementar el rendimiento y la condición viajera de fruta en destino.	Aumento del ingreso por disminución del costo unitario de producción

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

2.3 Objetivos del programa

Potenciar la competitividad de 26 huertos arándanos en la zona sur de Chile, mediante el desarrollo de la metodología Cropcheck adaptada a esta producción, que permita la adopción de las mejores prácticas de manejo en pre cosecha y apunten a mejorar la calidad y condición de fruta en destino.

2.4 Definición de los puntos de chequeo

Los manejos agronómicos identificados para lograr los objetivos planteados, se establecieron a partir de una de las brechas tecnológicas identificadas -calidad y condición de fruta en destino- la oferta tecnológica disponible, y un proceso de comunicación entre productores, equipo técnico de transferencia e investigadores de INIA. De esta forma, se definieron cuatro puntos de chequeo:

- Regulación de carga frutal
- Manejo nutricional
- Control de *Botrytis*
- Manejo del riego

Las recomendaciones entregadas en cada uno de ellos, reúne la oferta de tecnologías más reciente generada en el ámbito de la investigación e industria. Para cada punto se establece un indicador y un valor o porcentaje de cumplimiento meta, que es un número exacto o rango. Además, se indica la forma de medición, las herramientas utilizadas y los cálculos necesarios de llevar a cabo para que la información obtenida se exprese en términos comunes.

2.5 Formación de grupos de trabajo

Se implementaron 7 grupos de trabajo paralelos, conformados principalmente por zona agroecológica. La cantidad de productores abordados en cada grupo varió en el rango de 3 a 5.

En La Araucanía se formaron 3 grupos claramente delimitados por las zonas: Secano interior, Valle Central y Precordillera. El productor de secano costero fue integrado al grupo de Valle central, por proximidad geográfica. En la Región de Los Ríos, se formaron 3 grupos: Huichaco, Itropulli y Remehue Norte. Finalmente en Los Lagos se formó el grupo Remehue Sur.

2.6 Programa de transferencia tecnológica

Las principales actividades de transferencia tecnológica del programa Cropcheck en arándanos fueron las siguientes:

- Dar a conocer la metodología y sus alcances, e invitar a productores a participar en él.
- Jornadas de entrenamiento con especialistas, que permitieran transferir las mejores prácticas del cultivo para cada punto de chequeo.
- Transferir las mejores prácticas del cultivo, a través de un manual práctico de buenas prácticas del cultivo para cada punto de chequeo.
- Entrenar en la toma de registro y monitoreo en las etapas claves del cultivo.
- Presentar y discutir resultados.
- Motivar el cambio de las prácticas o adopción de los puntos de chequeo, a través de estudios comparativos o benchmarking.

2.6.1 Ejecución de buenas prácticas de cultivo

Al inicio de cada punto de chequeo, se hizo entrega de “Manuales de Mejores Prácticas”, documentos que proveen de información relevante validada por la investigación aplicada. En los manuales se entregan las metodologías de medición y justificación

de los valores metas recomendados. Además, se entregan fichas de registros, para la identificación del productor, características puntuales del manejo propuesto y sección de seguimiento y monitoreo de cada punto de chequeo.

2.6.2 Talleres de entrenamiento

Corresponde a jornadas teóricas en espacios cerrados con la exposición de especialistas en cada punto de chequeo. La idea es realizar los talleres siguiendo la fenología del cultivo y respetando las fechas correspondientes para que cada productor tenga el tiempo suficiente para adoptar y ejecutar los manejos propuestos. En estas reuniones participan entre 5 a 10 productores. Se comparten experiencias de manejo, se entrega capacitación, entrenamiento y se discuten los resultados parciales obtenidos.

2.6.3 Días de campo

Se completó un calendario de reuniones durante la temporada, en los predios de los participantes denominadas días de campo. Generalmente se realizan luego de un taller de entrenamiento para asistir en la implementación de los manejos y en la toma de registros. Los días de campo, se realizan durante la temporada de desarrollo del cultivo, en el momento en que se monitorea y registran los puntos de chequeo.

2.6.4 Grupo de discusión

Reuniones técnicas donde se reunió a los grupos de trabajo a nivel regional, en función de los avances y resultados parciales de los puntos de chequeo ya ejecutados y evaluados. También se abordaron las actividades a realizar en el futuro del programa. Son reuniones donde los productores juegan un papel fundamental, ya que es la instancia donde comparten sus experiencias y mediante esto se logra un aprendizaje participativo. En general se realizan 3 a 4 reuniones durante la temporada, en un recinto cerrado con apoyo audiovisual. El número de productores ideal para estas reuniones es de 10 a 15.

2.6.5 Cierre de temporada

En general, es un taller ampliado donde se analizan los resultados de la temporada que finalizó. Los productores reciben en esta ocasión el análisis de sus resultados individuales y la comparación de éstos con lo obtenido por el resto del grupo.

2.7 Literatura citada

Bañados, P. 2005. Fisiología del crecimiento, nutrición y poda de arándano. Ciclo de Seminarios Frutícolas de actualización técnico comercial. Berries: Arándanos Frambuesas. Asociación de Exportadores de Chile A.G (ASOEX). Santiago (Chile). (On line) (26 jun. 2012).

Bañados, P. 2007. Poda del arándano. Revista Frutícola. 28 (3):116-123. (On line) (11 jul. 2012).

Borie, B. F.; Rubio, I.; Mendoza, J. y Morales, A. 1995. Actividad fosfatásica y micorrizas en dos variedades de trigo con diferente tolerancia a aluminio. VII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. pp: 55

Catastro Frutícola CIREN-ODEPA. 2012 ODEPA-ADUANA, 2017. Catastro Frutícola Región de La Araucanía, principales resultados. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile Estadísticas de comercio exterior. <http://www.odepa.gob.cl/estadisticas/comercio-exterior/>.

DeFrancesco, J. 1987. Effects of nitrogen and storage time on the quality of highbush blueberry fruits. Tesis Master of Science in Horticulture. Oregon State University. 71p.

Dirección Meteorológica de Chile, 2017. Gentileza Juan Quintana. Meteorólogo DMC. www.meteochile.gob.cl/.

Domínguez, A. 1984. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi Prensa. 585p.

El Cultivo de Arándanos en Chile. 2012. Proyecto de Investigación y Desarrollo, Innova Corfo. Formulación de un modelo predictivo de producción de arándanos en La Región de La Araucanía. Universidad Católica de Temuco, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile. 279 pág.

Grime, H. 1982. The effect of aluminium on manganese uptake and yield of oats. Plant Nutr. 1:198-203.

Hirzel, J. 2008. El suelo como fuente nutricional. En: Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. pp 51-82. Colección libros INIA Nº 24. Capítulo 2. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán.

ITC, 2017. International Trade Center: Cálculos del ITC basados en estadísticas de UN COMTRADE e del ITC. www.trademap.org.

Korkak, R. 1988. Nutrition of blueberry and other Calcifuges. pp 183-227. Fruit Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Center, Beltsville, Maryland. U.S.A.

Marscher H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Adaptation of plants to adverse chemical soil conditions. pp 442-477, Academic Press, New York, USA.

Mora, M. L. 1993. Nivel de fertilidad de los suelos de la IX Región y su relación con la acidificación de suelos trumaos. Frontera agrícola (Chile), 1(1): 5-12.

Mora, M. L. 1994. Efecto del uso de enmiendas sobre las propiedades químicas del suelo. Boletín Nº 1 Fondef 2-88.pp 6-22. En: F.Borie (Ed). Alternativas de manejo de suelos con riesgo de acidificación.

ODEPA-CIREN, 2012. Catastro Frutícola Región de La Araucanía. Principales resultados. Publicación conjunta de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

ODEPA-CIREN, 2016. Catastro Frutícola Región de La Araucanía. Principales resultados. Publicación conjunta de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN).

Opazo, J. 2006. Calidad de suelo, nutrición y fertilización para arándanos. Aconex (Chile) 93: 11-14.

Ortega R. y Mardonez, R. 2005. Variabilidad espacial de la mineralización de nitrógeno en un suelo volcánico de la provincia de Ñuble, VIII Región. Agricultura Técnica. (Chile). 65(2):221-231.

Pinilla, H. 1993. Efecto del uso sucesivo de nitrógeno nítrico y amoniacal en la acidificación de suelos trumaos. Frontera Agrícola (Chile). 1(1)18-22.

Pinochet, D; Artacho, D y Maraboli, A 2014. Manual de fertilización de arándanos cultivados en el sur de Chile. Proyecto FIA-UACH PYT 2009-0080. Valdivia Chile, 2014. 67 pag.

Razeto, B. 1972. Fertilización nitrogenada en frutales. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de agronomía. Universidad de Chile. Servicio Agrícola y Ganadero. Central de divulgación técnica. 23p

Retamales, J., & Hancock, J. 2012. Blueberries Crop Production science in Horticulture. 323 p. series: Nº 21. CABI International. England.



Rodríguez, J.; Pinochet, D. y Matus, F. 2001. Fertilización de los Cultivos. 117 p. LOM Ediciones. Santiago, Chile.

Sadzawka, M. A. 1991. Propiedades químicas de los suelos. Serie Remehue 15:9-24. En: Acidez y encalado de suelos en la Región de Los Lagos. INIA Remehue. Osorno. Chile.

Sadzawka, M.A. y Campillo, R 1993. Problemática de la acidez de los suelos de la IX Región. I. Génesis y características del proceso. Serie Carillanca Nº 38: 1-8. En: R. Campillo (Ed). Acidez de los suelos en la Región de La Araucanía. INIA Carillanca. Temuco, Chile.

Sierra y Rojas (2003). La materia orgánica y sus características físico químicas del suelo. Series Actas INIA N°23, p. 9-26. En: Técnicas y prácticas en el manejo de los recursos naturales para la sexta región, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentue. Hidango, Litueche, Chile.

U.S. Highbush Blueberry Council, 2013. Keeping a head of the “blue wave”. Efforts needed to build demand to meet future supply. <http://www.blueberry.org/publications/bluespapers/2013/bluespaper-march%202013.pdf>

Vidal, I. s.f. Fertirriego en berries. 15 p. (On line). [http://www.redandinatt.com/documentos/Goldenberry/FertirriegoenFrambuesas U de Concepcion_Chile.pdf](http://www.redandinatt.com/documentos/Goldenberry/FertirriegoenFrambuesas%20U%20de%20Concepcion_Chile.pdf) > (30 sep. 2011).

Vidal, I.; Amaro J. y Venegas, A. 1999. Evolución estacional de nutrientes y estimación de la extracción anual en arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei* R.). Agricultura Técnica (Chile) 59 (4): 309-318.

Wagatsuma, T. and Kaneko. 1987. High toxicity of hydroxyaluminium polymer ions to plant roots. Soil Sci. Plant Nutr. 33: 57-67.

Yearbook, 2013. USDA. Annual data on U.S. and State harvested acreage, yield, production, prices, crop value, trade, and per capita use of blueberries. Also includes monthly data on shipments, imports, and exports, and world data. <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1765#>

CAPÍTULO 3

BUENAS PRÁCTICAS DE MANEJO PARA PUNTOS DE CHEQUEO CROP CHECK EN ARÁNDANO

Autores:

Abel González Gelves, Juan Abarzúa Castro. Plataforma Frutícola. INIA Carillanca.
Andrés France. Fitopatólogo. INIA Quilamapu.

3.1 Punto de chequeo y regulación de carga frutal

El manejo de la carga frutal a través de la poda influye notablemente en el desarrollo de la planta de arándano, en parámetros importantes que dicen relación con la producción, calidad y condición de fruta. El arándano es una especie que tiende a sobrecargar fruta, pues no tiene la capacidad de tener un sistema auto-regulador de carga, como ocurre en otras especies que tienen caídas naturales de fruta (duraznero tiene hasta 3 caídas naturales de autorregulación).

El único mecanismo natural de atenuación de carga en arándano, es la reducción del calibre (frutos pequeños), y aun así, esta condición es insuficiente, la planta se reciente en otros ámbitos como, la reducción de crecimiento de brotes, menos emisión de brotes basales y ramillas cargadoras de menor longitud. Por lo tanto, la regulación de fruta viene por el ajuste del número de yemas florales.

El resultado es en sentido inverso a la sobrecarga, menor número de yemas florales implica menor número de bayas, cuyo efecto compensatorio es la producción de mayor calibre de fruta. Está claro que el menor número de bayas reduce el potencial de kilogramos, pero no es tan evidente, ya que vía aumento de tamaño de fruto hay una compensación en la pérdida de producción.

La ganancia lógica de un control en el número de yemas viene en beneficio del crecimiento equilibrado de la planta, que finalmente se traduce en mayor vigor, mayor número de brotes basales y mayor longitud de ramillas cargadoras.

En otras especies frutales la carga se regula mediante raleo. Así, cerezos, durazneros o manzanos tienen manejos específicos de raleo de flores o frutos, ya sea químico o manual. En arándano, esto no puede hacerse de forma práctica de ninguna otra manera sino es con un manejo de poda efectivo. Si la planta carece de un sistema de regulación de flores, yemas o bayas, hay que ayudarla con la tijera de podar. Este raleo no se hace en floración ni durante cuajado de frutos, sino en invierno con la planta en receso, donde aparecen y se hacen evidentes las yemas florales.

Muchos productores podan con el objetivo de eliminar madera antigua, enferma, mal ubicada, e indirectamente están eliminando yemas florales, pero no las suficientes. Pocos productores podan con el objetivo primordial de reducir el número de yemas florales. Quienes tienen esta práctica internalizada en el manejo han ayudado a sus plantas a crecer con más vigor, más sanas y con resultados productivos y de calidad que los alienta a tener el manejo de poda como una práctica indispensable e insustituible.

3.1.1 Componentes productivos en arándanos

Los componentes que influyen sobre la obtención de un adecuado número de yemas florales a dejar por planta y unidad de superficie se describen a continuación.

Cuadro 14. Componentes que influyen sobre el número adecuado de yemas florales.

Parámetros de Vigor	Parámetros de Producción	Calidad de Fruta
Número de brotes cargadores sobre 20 cm	Número de yemas florales en brotes cargadores sobre 20 cm	Relación Hoja /Fruta
Número y edad de ramas y brotes estructurales sobre 120 cm	Número de frutos por yema	Número de yemas florales en cargadores de más de 20 cm
	Peso unitario de fruto	Ubicación de yemas en la planta

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

La poda en arándano es una labor fundamental, cuyos efectos no siempre se aprecian en el corto plazo. Debido a ello, se produce una diversidad de opiniones y criterios, que terminan confundiendo al productor, existiendo tres interrogantes claves: cuándo, cómo y cuánto podar. Por este motivo se propone una herramienta técnica que permitirá identificar y cuantificar parámetros específicos y de fácil medición, permitiendo establecer una estrategia de carga frutal. Para el desarrollo de esta herramienta el productor debe conocer e identificar claramente las diferentes estructuras que forman parte de una planta.



3.1.2 Principales estructuras vegetativas del arándano

Como se observa en la Foto 1, los arándanos son arbustos formados por tallos o ramas de diferentes edades, que emergen desde la corona de la planta.

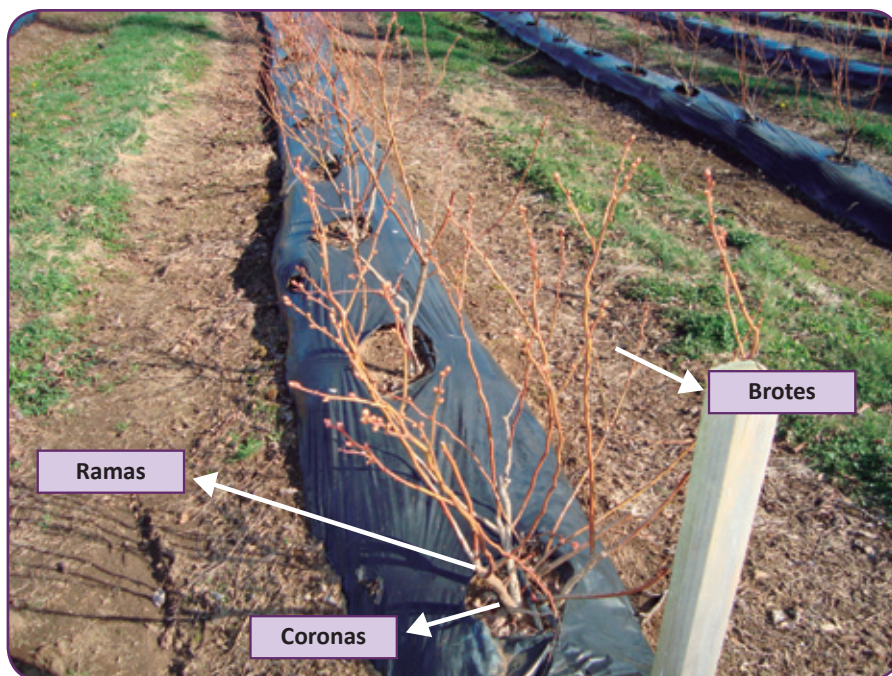


Foto 1. Principales estructuras del arándano. Gentileza Ramiro Poblete. Unidad de Frutales Cooprinsem.

La fruta se origina en yemas florales simples ubicadas en la porción apical de las ramillas. Las yemas florales son de mayor tamaño que las vegetativas y su identificación no es difícil.

Antes de empezar a podar es importante identificar claramente las yemas florales. En la zona sur del país es posible visualizar las primeras yemas florales a fines de marzo. La inducción y diferenciación ocurre en forma acrópeta en la medida que crece y se desarrolla el brote, es decir, las primeras yemas florales formadas son aquellas ubicadas del tercio medio del brote (Foto 2), y las últimas son aquellas que se visualizan en la zona apical del brote. Las yemas vegetativas son de menor tamaño y se ubican desde el sector medio hacia la porción basal del brote.



Foto 2. Yemas florales en Arándano.

3.1.3 Criterios para la regulación de carga frutal

Es importante dejar la carga frutal en madera que tenga una buena proporción de yemas vegetativas acompañando a las yemas florales. De lo contrario, la fruta inhibirá el desarrollo de las hojas, provocando un bajo calibre y pérdida de vigor en la planta. El número de cañas y ramillas totales en la planta, el de yemas florales por ramilla y el tamaño del fruto determinarán el potencial productivo de la planta. A su vez, el largo de la ramilla también tiene una relación directa con el número potencial de yemas florales: ramillas largas tienen en general mayor número de yemas florales comparado con ramillas cortas. De esta manera, uno de los principales objetivos de la poda es dejar un mayor número de ramillas sobre 20 centímetros, las cuales son ramillas de la temporada, desarrolladas a partir de madera estructural de más de una temporada de crecimiento, en que su valor intrínseco es el vigor. Sabemos que podríamos tener el doble de ramillas en una planta respecto a otra, pero si estas son de 5 centímetros, sabemos que tenemos en contra un vigor débil que finalmente se traduce en fruta de menor calidad. Por lo tanto, menos ramillas pero más largas, se traducirá en fruta equivalente pero de mayor calibre y peso. Así, frutos de mayor tamaño presentan una mayor relación volumen/superficie.

Lo anterior implica que para llenar una unidad de volumen (clamshell), se requieren menos frutos de mayor calibre, que presentan una menor tasa de respiración y un menor deterioro de la fruta durante el almacenamiento. Por lo tanto, la condición a alcanzar deberá ser “menos frutos más grandes” que muchos frutos pequeños. La cosecha será más eficiente y la condición general de la fruta será óptima.

3.1.4 Implementación del punto de chequeo poda

3.1.4.1 Importancia del conteo de yemas previo a la poda

La contabilización de yemas florales o centros frutícolas, corresponde a una actividad fundamental para el desarrollo del programa de manejo agronómico de la temporada. Normalmente se realiza posterior a las labores de poda, una vez eliminada la madera vieja, improductiva y mal ubicada, raleando indirectamente yemas florales, pero no las suficientes, evitando ocasionar pérdidas de rendimiento, yendo en desmedro de la calidad de la fruta.

A continuación se propone una estrategia de regulación de carga frutal que incluye como norma el conteo de yemas antes de podar, con la finalidad de determinar el nivel adecuado de producción, buscando un equilibrio entre productividad y calidad, sin perjudicar el vigor de la planta. Así, una vez conocido el número total de yemas previo a la poda el productor podrá decidir cuántas yemas debe dejar sobre las mejores estructuras vegetativas (ramillas mayores de 20 cm).

Para determinar el número de total de ramillas y yemas a dejar por planta el productor deberá considerar los siguientes componentes.

- a) *Edad del huerto:*** conocer este indicador es clave, dado que permite contar con una referencia del estado de desarrollo de estructuras vegetativas y al mismo tiempo el régimen productivo en el que se encuentra actualmente el huerto.
- b) *Rendimiento de la temporada anterior:*** es fundamental contar con el registro productivo, el cual será la base para estimar el delta productivo a alcanzar en la próxima temporada.
- c) *Rendimiento a alcanzar:*** es la principal decisión que debe realizar el productor. A partir de este indicador es posible determinar el número de yemas a dejar en el huerto. Para determinar el rendimiento a alcanzar, debemos tomar en cuenta la edad del huerto y si este aún se encuentra en una etapa de formación o bien ha entrado en pleno régimen productivo. Esta información a su vez deberá ser comparada al rendimiento de la temporada anterior. Como referencia, para un huerto en formación el incremento de la producción debe ser gradual. Así, un huerto en formación, aún no cuenta con las estructuras de sostén necesarias para contener una alta carga productiva. Por el contrario, un huerto en pleno régimen productivo y que ha expresado un alto potencial de rendimiento, el productor deberá tener en consideración el porcentaje de fruta que ha destinado a embalaje y a IQF. En aquellos escenarios en que se observan altos porcentajes de IQF, es muy probable que la poda de la temporada anterior haya sido débil, con un alto número de yemas, sobre las cuales la planta no contaba con una adecuada relación brote-hoja-fruta, afectando el calibre de la fruta y en efecto perdiendo su potencial de condición viajera.

- d) **Densidad de plantación:** en la medida que aumenta la densidad de plantación se debe realizar una poda más fuerte. De esta manera se deja un menor número de yemas por planta, a su vez dicha pérdida se verá compensada por el mayor número de plantas por unidad de superficie manteniendo constante el número total de yemas por unidad de superficie.
- e) **Porcentaje de mortalidad de plantas:** es una práctica muy poco usual que debe ser realizada año a año dado que el número total de plantas varía debido a la mortalidad asociada a plagas y/o enfermedades, entre otros. De acuerdo a lo anterior, resulta crucial realizar monitoreos anuales después de cosecha para contabilizar el número de plantas vivas que serán productivas la próxima temporada.

3.1.4.2 Estimación del rendimiento

A continuación se presenta cuadro informativo de consulta originado de una función de rendimiento que integra todas las variables previamente señaladas y permitirá al productor determinar el número de yemas definitivas a dejar por planta, a partir del conteo de yemas previo a la poda y una estimación racional del rendimiento real a alcanzar, producto de la mejor combinación rendimiento y calidad de fruta.

A modo de ejemplo y para facilitar la interpretación de los cuadros presentados a continuación, podemos señalar que el productor de arándanos de la comuna de Villarrica, desea determinar el número de yemas a podar en su Unidad Cropcheck correspondiente a la variedad Legacy. La variedad se encuentra en su cuarto año de establecimiento y la temporada anterior el rendimiento promedio alcanzado fue de 7.500 kg/ha, de los cuales un 90% fue destinado a embalaje y un 10% a IQF. El número de yemas determinadas previo a la poda indica que el huerto presenta un promedio de 450 yemas/plantas. La densidad de plantación del huerto es de 1x3 m con una densidad de 3.333 pl/ha. Luego del monitoreo de plantas en poscosecha se determinó un porcentaje de mortalidad de un 2% por lo que la densidad real de plantación del huerto es de 3.267 pl/ha.

Con esta información se debe consultar el cuadro para la variedad Legacy, marco de plantación 3x1 y determinar el rendimiento a alcanzar durante la próxima temporada. De esta manera y teniendo en cuenta que el huerto aún se encuentra en formación, el delta de rendimiento a alcanzar será subir 7.500 kg/ha a 10.000 kg/ha. Para lograr dicho rendimiento el productor debe dejar como máximo 313 yemas o bien dar la instrucción de dejar en la planta 52 ramillas mayores a 20 cm (6 yemas) o 40 ramillas de 8 yemas si el vigor de la ramilla es superior y sobrepasa los 30 cm. Cabe señalar que el cuadro sobrestima en un 20% el número total de yemas a dejar, para atenuar la muerte de yemas a causa de eventos climáticos.

A continuación se presenta cuadros de estimación del número de yemas a considerar por planta para las variedades, Legacy, Briggita, Duke y Elliot. Se realiza el cálculo para dos densidades de plantación y para una escala de rendimiento que fluctúa entre los 2.500 a 20.000 kg/ha.

Cuadro 15. Estimación de rendimiento de la variedad Legacy en función de conteo de yemas durante el período de caída de hojas.

Variedad	Marco de Plantación				Estructuras vegetativas				Frutos		
	Rendimiento Esperado kg/ha	Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hileras (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas/ Planta	Ramillas de 6 yemas/planta	Ramillas de 8 yemas/planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos / Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Legacy	20.000	1	3	2%	3.267	625	104	78	6	3.001	0,0020
Legacy	17.500	1	3	2%	3.267	547	91	68	6	2.626	0,0020
Legacy	15.000	1	3	2%	3.267	469	78	59	6	2.251	0,0020
Legacy	12.500	1	3	2%	3.267	391	65	49	6	1.876	0,0020
Legacy	10.000	1	3	2%	3.267	313	52	39	6	1.501	0,0020
Legacy	7.500	1	3	2%	3.267	234	39	29	6	1.125	0,0020
Legacy	5.000	1	3	2%	3.267	156	26	20	6	750	0,0020
Legacy	2.500	1	3	2%	3.267	78	13	10	6	375	0,0020
Variedad	Marco de Plantación				Estructuras vegetativas				Frutos		
	Rendimiento Esperado kg/ha	Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hileras (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas/ Planta	Ramillas de 6 yemas/planta	Ramillas de 8 yemas/planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos / Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Legacy	20.000	0,8	3	2%	4.083	500	83	63	6	2.401	0,0020
Legacy	17.500	0,8	3	2%	4.083	438	73	55	6	2.101	0,0020
Legacy	15.000	0,8	3	2%	4.083	375	63	47	6	1.801	0,0020
Legacy	12.500	0,8	3	2%	4.083	313	52	39	6	1.501	0,0020
Legacy	10.000	0,8	3	2%	4.083	250	42	31	6	1.200	0,0020
Legacy	7.500	0,8	3	2%	4.083	188	31	23	6	900	0,0020
Legacy	5.000	0,8	3	2%	4.083	125	21	16	6	600	0,0020
Legacy	2.500	0,8	3	2%	4.083	63	10	8	6	300	0,0020

Cuadro 16. Estimación de rendimiento de la variedad Eliot en función de conteo de yemas durante el período de caída de hojas.

Variedad	Rendimiento Esperado kg/ha	Marco de Plantación				Estructuras vegetativas			Frutos		
		Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas/ Planta	Ramillas de 6 yemas/ planta	Ramillas de 8 yemas/ planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos/ Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Eliot	20.000	1	3	2%	3.267	868	145	108	6	4.165	0,0015
Eliot	17.500	1	3	2%	3.267	759	127	95	6	3.644	0,0015
Eliot	15.000	1	3	2%	3.267	651	108	81	6	3.124	0,0015
Eliot	12.500	1	3	2%	3.267	542	90	68	6	2.603	0,0015
Eliot	10.000	1	3	2%	3.267	434	72	54	6	2.082	0,0015
Eliot	7.500	1	3	2%	3.267	325	54	41	6	1.562	0,0015
Eliot	5.000	1	3	2%	3.267	217	36	27	6	1.041	0,0015
Eliot	2.500	1	3	2%	3.267	108	18	14	6	521	0,0015
Marco de Plantación											
Estructuras vegetativas						Frutos					
Variedad	Rendimiento Esperado kg/ha	Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas/ Planta	Ramillas de 6 yemas/ planta	Ramillas de 8 yemas/ planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos / Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Eliot	20.000	0,8	3	2%	4.083	567	94	71	6	2.721	0,0018
Eliot	17.500	0,8	3	2%	4.083	496	83	62	6	2.381	0,0018
Eliot	15.000	0,8	3	2%	4.083	425	71	53	6	2.041	0,0018
Eliot	12.500	0,8	3	2%	4.083	354	59	44	6	1.701	0,0018
Eliot	10.000	0,8	3	2%	4.083	283	47	35	6	1.361	0,0018
Eliot	7.500	0,8	3	2%	4.083	213	35	27	6	1.020	0,0018
Eliot	5.000	0,8	3	2%	4.083	142	24	18	6	680	0,0018
Eliot	2.500	0,8	3	2%	4.083	71	12	9	6	340	0,0018

Cuadro 17. Estimación de rendimiento de la variedad Duke en función de conteo de yemas durante el período de caída de hojas.

		Marco de Plantación				Estructuras vegetativas			Frutos		
Variedad	Rendimiento Especificado kg/ha	Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas / Planta	Ramillas de 6 yemas/planta	Ramillas de 8 yemas/planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos / Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Duke	20.000	1	3	2%	3.267	759	127	95	6	3.644	0,0017
Duke	17.500	1	3	2%	3.267	664	111	83	6	3.189	0,0017
Duke	15.000	1	3	2%	3.267	569	95	71	6	2.733	0,0017
Duke	12.500	1	3	2%	3.267	475	79	59	6	2.278	0,0017
Duke	10.000	1	3	2%	3.267	380	63	47	6	1.822	0,0017
Duke	7.500	1	3	2%	3.267	285	47	36	6	1.367	0,0017
Duke	5.000	1	3	2%	3.267	190	32	24	6	911	0,0017
Duke	2.500	1	3	2%	3.267	95	16	12	6	456	0,0017
		Marco de Plantación				Estructuras vegetativas			Frutos		
Variedad	Rendimiento Especificado kg/ha	Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas / Planta	Ramillas de 6 yemas/planta	Ramillas de 8 yemas/planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos / Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Duke	20.000	0,8	3	2%	4.083	607	101	76	6	2.915	0,0017
Duke	17.500	0,8	3	2%	4.083	531	89	66	6	2.551	0,0017
Duke	15.000	0,8	3	2%	4.083	456	76	57	6	2.187	0,0017
Duke	12.500	0,8	3	2%	4.083	380	63	47	6	1.822	0,0017
Duke	10.000	0,8	3	2%	4.083	304	51	38	6	1.458	0,0017
Duke	7.500	0,8	3	2%	4.083	228	38	28	6	1.093	0,0017
Duke	5.000	0,8	3	2%	4.083	152	25	19	6	729	0,0017
Duke	2.500	0,8	3	2%	4.083	76	13	9	6	364	0,0017

Cuadro 18. Estimación de rendimiento de la variedad Brigitta en función de conteo de yemas durante el período de caída de hojas.

Variedad	Rendimiento Esperado kg/ha	Marco de Plantación				Estructuras vegetativas			Frutos		
		Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas/ Planta	Ramillas de 6 yemas/ planta	Ramillas de 8 yemas/ planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos /Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Brigitta	20.000	1	3	2%	3.267	693	116	22	6	3.327	0,0018
Brigitta	17.500	1	3	2%	3.267	607	101	19	6	2.911	0,0018
Brigitta	15.000	1	3	2%	3.267	520	87	16	6	2.496	0,0018
Brigitta	12.500	1	3	2%	3.267	433	72	14	6	2.080	0,0018
Brigitta	10.000	1	3	2%	3.267	347	58	11	6	1.664	0,0018
Brigitta	7.500	1	3	2%	3.267	260	43	8	6	1.248	0,0018
Brigitta	5.000	1	3	2%	3.267	173	29	5	6	832	0,0018
Brigitta	2.500	1	3	2%	3.267	87	14	3	6	416	0,0018
Variedad	Rendimiento Esperado kg/ha	Marco de Plantación				Estructuras vegetativas			Frutos		
		Distancia sobre hilera (m)	Distancia Entre Hilera (m)	Mortalidad %	N° Plantas /ha	Yemas / Planta	Ramillas de 6 yemas/ planta	Ramillas de 8 yemas/ planta	Frutos/ Yema Floral	Frutos /Planta	Peso Promedio Frutos (g)
Brigitta	20.000	0,8	3	2%	4.083	555	92	69	6	2.662	0,0018
Brigitta	17.500	0,8	3	2%	4.083	485	81	61	6	2.329	0,0018
Brigitta	15.000	0,8	3	2%	4.083	416	69	52	6	1.996	0,0018
Brigitta	12.500	0,8	3	2%	4.083	347	58	43	6	1.664	0,0018
Brigitta	10.000	0,8	3	2%	4.083	277	46	35	6	1.331	0,0018
Brigitta	7.500	0,8	3	2%	4.083	208	35	26	6	998	0,0018
Brigitta	5.000	0,8	3	2%	4.083	139	23	17	6	665	0,0018
Brigitta	2.500	0,8	3	2%	4.083	69	12	9	6	333	0,0018

3.1.5 Metodología de conteo de yemas florales en cultivo del arándano

3.1.5.1 Metodología de conteo previo a la poda

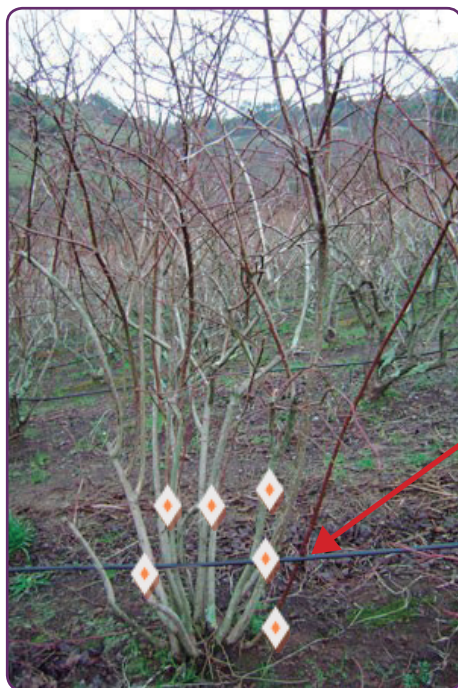
Para determinar el número total de yemas por planta, en la unidad Cropcheck elegida por cada productor, se procederá a realizar los siguientes pasos:

Paso 1. Elegir e identificar 10 plantas representativas de la unidad Cropcheck. Realizar esta labor utilizando una estaca pintada, que no pueda ser removida con facilidad, permitiendo desarrollar el conteo de yemas en la misma planta, antes y después de la poda.

Paso 2. Marcar 1 rama principal de la planta elegida con cinta adhesiva resistente al agua, considerando no estrangular la base de la rama. Posteriormente, se procede a contar el número total de yemas presentes en la rama principal y luego el número total de ramillas por rama. Una vez obtenido estos dos parámetros se procederá a estimar el número promedio de yemas por ramilla como lo indica la ecuación 1.

Ecuación 1:

$$\text{Promedio Yemas/ramilla} = \text{N}^{\circ} \text{ total de yemas rama} / \text{Número total de ramillas.}$$



Ramas principales
identificadas con
cinta adhesiva.

Foto 3. Identificación de ramas principales.

Paso 3. Conociendo el promedio de yemas por ramillas que presenta la variedad, se procede a marcar con cinta adhesiva la rama principal siguiente (rama principal 2), considerando el patrón de identificación de izquierda a derecha. Luego, contar el número total de ramillas presentes en la rama 2. Posteriormente se repite la secuencia de conteo de ramillas en la rama 3 hasta contar la total de las ramas principales de la planta.



Sentido del conteo
de izquierda a
derecha.

Foto 4. Sentido de identificación y conteo de ramas principales.

Paso 4. Calcular el número total de yemas por planta y multiplicar el número total de ramillas por planta por el promedio de yemas por ramilla, tal como se describe en la siguiente ecuación.

Ecuación 2:

N° total de yemas por planta = Promedio yemas/ramillas X N° Total de ramillas.

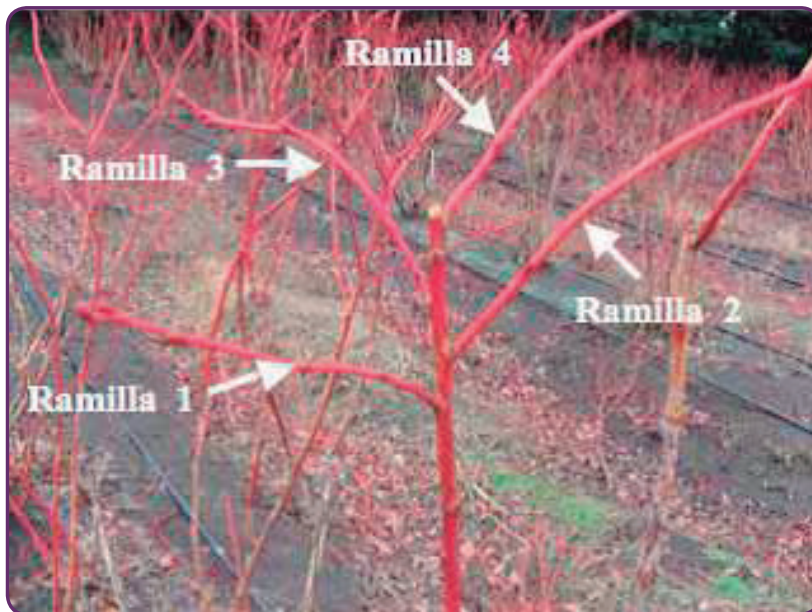


Foto 5. Identificación de ramillas ubicadas en rama principal.

Paso 5. Conociendo el número total de yemas florales en las 10 plantas elegidas, se procede a calcular el promedio de yemas previo a la poda. Este indicador, N° promedio de yemas previo a la poda, es relevante para que el productor decida cuál será el rendimiento esperado de su cuartel Cropcheck.

3.1.5.2 Metodología de conteo posterior a la poda

Para contabilizar el número de yemas florales disponibles y conocer si la estrategia de poda establecida para la variedad es correcta, se debe seguir la misma metodología o patrón de conteo de yemas, realizado en las 10 plantas identificadas y contabilizadas previos a la poda, indicada con anterioridad

3.1.5.3 Instrumentos de medición

Para facilitar la tarea de conteo de yemas es importante considerar instrumentos y materiales que permitan evitar errores y confusiones durante este proceso. Se recomienda la utilización de contadores manuales mecánicos o digitales, cintas adhesivas resistentes al agua y tabla de anotaciones de campo.



Foto 6. Contadores manuales y cintas adhesivas.

3.1.5.3 Planilla de registro

Una vez desarrollados los pasos descritos anteriormente, se procede al registro de los datos obtenidos en la siguiente planilla tipo.

3.2 Punto de chequeo nutrición en arándano

El manejo nutricional en huertos de arándanos es una de las tecnologías de mayor impacto sobre el vigor, productividad, calidad y condición de fruta. En los últimos años se han detectado problemas de calidad del fruto que derivan de errores en el manejo nutricional de los huertos. En un escenario de altas exigencias de productividad, calidad y condición de fruta, resulta fundamental mejorar el conocimiento e incentivar las mejores prácticas para una adecuada nutrición de este frutal. Un buen programa de nutrición en arándanos, busca proporcionar las condiciones necesarias para que los factores de crecimiento, suministro de macro y micronutrientes, estén presentes en el suelo en niveles suficientes y cuando la planta los requiera, de lo contrario se transforman en factores limitantes del crecimiento. Al mismo tiempo, dicho equilibrio de nutrientes en el suelo se traducirá en un adecuado balance de estos mismos en los órganos permanentes de la planta, los cuales deben ser anualmente monitoreados a través del análisis foliar.

Las dosis a aplicar de cada nutriente debe estar relacionada al nivel de rendimiento del huerto y las propiedades químicas del suelo (análisis de suelo), por lo cual, el programa de fertilización a emplear temporada a temporada debe ser específico en cada huerto (no se puede generalizar una receta para todas las condiciones), dado que la falta o exceso de algún nutriente afectará directamente la productividad del huerto y calidad de la fruta. Por ello, es necesario contar con análisis de suelo (en lo posible cada 2 a

3 años) y análisis foliares (todos los años), con los cuales el diagnóstico nutricional y la recomendación de fertilización para ese huerto serán específicos. De esta forma se cumplirá el objetivo del productor: mayor rendimiento y calidad que, a *posteriori* se traducirá en una mayor rentabilidad para el cultivo.

El presente punto de chequeo de buenas prácticas de nutrición, tiene como propósito entregar aquellas claves de manejo nutricional que permitan al productor, en forma conjunta con su asesor, construir programas de nutrición específicos. Lo anterior ayudará a alcanzar los objetivos de producción trazados, sobre la base del conocimiento de las principales variables nutricionales que influyen sobre la producción y calidad de los frutos. Al mismo tiempo, se proponen programas de nutrición específicos y una metodología de monitoreo y evaluación del punto de chequeo nutrición para cada una de las unidades cropcheck elegidas.

Finalmente, la información obtenida en cada una de las etapas de nutrición permitirá evaluar y determinar a través de análisis multivariados el peso relativo de cada uno de los nutrientes analizados, sobre aquellos parámetros que más inciden en el ablandamiento y la condición de fruta en poscosecha.

3.2.1 Herramientas de diagnóstico para la elaboración de programas de nutrición racional

3.2.1.1 Análisis físico de suelo

El desarrollo del sistema radical de las plantas depende de características genéticas propias de la especie. Sin embargo, su expresión puede verse alterada por condiciones ambientales, en particular por las propiedades físicas del suelo, tales como: estructura, textura, densidad aparente, distribución y tamaño de poros y las características morfológicas de los perfiles. Tanto la estructura, como la densidad aparente y distribución del tamaño de poros, pueden ser alteradas por prácticas de manejo en el suelo, que conduzcan a procesos de compactación. El crecimiento radical requiere de una adecuada relación suelo aire, asociada a una baja resistencia mecánica (Ferreira y Sellés, 2013).

El análisis físico del suelo es una herramienta importante para evaluar el comportamiento del aire, agua, el espacio arraigable y algunos aspectos relacionados con la disponibilidad de elementos nutritivos. Todos estos factores son primordiales para el desarrollo radicular, promoviendo la formación de raicillas jóvenes, las que asegurarán un sistema radicular eficiente. Las raíces de arándanos se caracterizan por ser superficiales y con ausencia de pelos radicales. Estas raíces requieren suelos bien aireados, porosos y con alto nivel de materia orgánica. El análisis físico de suelos permita determinar bajo qué tipo de textura de suelo se encuentra configurada su estructura y compactación. El grado de compactación de un suelo es determinado por la densidad aparente de éste, así el

valor de restricción del crecimiento radical es dependiente de la textura. Por ejemplo: un suelo arenoso muestra mayores rangos que suelos finos de tipo arcilloso. El siguiente cuadro presenta las características apropiadas de densidad aparente según textura de suelo para un óptimo desarrollo de raíces.

Cuadro 19. Relación entre densidad aparente del suelo (g/cc) y el grado de restricción para el crecimiento de las raíces, según textura de suelo (NRCS Soil Quality Institute, 2000)

Textura de suelo	Densidad Aparente Ideal (gr/cc)	Densidad Aparente. Puede afectar desarrollo de raíces (gr/cc)	Densidad Aparente. Afecta el desarrollo de raíces (gr/cc)
Arenosa, areno franco	<1,6	1,69	>1,8
Franco Arenosa, franca	<1,4	1,63	>1,8
Franco areno, arcillosa	<1,4	1,6	>1,75
Franco limosa, limosa	<1,4	1,6	>1,75
Franco arcillosa	<1,3	1,6	>1,75
Franco arcillo Limosa	<1,1	1,55	>1,65
Areno arcillosa, arcillo limosa (35-45% de arcilla)	<1,1	1,49	>1,58
Arcillosa (> 45% arcilla)	<1,1	1,39	>1,47

Fuente: Adaptado Manual de Riego para Especies Frutales. Ferreyra y Selles, 2013. INIA La Platina

3.2.1.2 Análisis químicos de suelo

El suministro de los nutrientes está dado por la capacidad que tiene el suelo de reponer, durante la estación de crecimiento una cantidad de nutrientes a la solución, desde las raíces en donde los cultivos los absorben. Sin embargo, debe considerar la eficiencia de absorción del cultivo, ya que la capacidad de las plantas para recuperar los nutrientes desde la solución del suelo variará dependiendo de las características del sistema radical y de las interacciones cultivo-suelo (Pinochet *et al*, 2013).

Para desarrollar un programa de nutrición racional en un huerto comercial de arándanos, es necesario conocer la disponibilidad de nutrientes específicos requeridos por el cultivo y ser comparados con los niveles de concentración en el suelo. El análisis de suelo es la herramienta que permite conocer los niveles de concentración o suministro de nutrientes del suelo para el desarrollo productivo de la planta. En el Cuadro 20 se muestran los niveles adecuados para el cultivo de arándanos en suelos de textura franco limosa a franco arcillosa, predominantes en la zona sur de Chile



Cuadro 20. Características químicas de suelo apropiadas para arándano. Profundidad de muestreo a 20 cm.

Elemento o variable	Unidad de medida	Nivel adecuado INIA.	Nivel Crítico	Nivel Crítico
Materia orgánica	%	Mayor a 4		
pH (agua 1:2,5)	Unidad	5,6 a 6,2		
Nitrógeno inorgánico	mg/kg	20 a 40	40 a 60 ppm	
Nitrógeno mineralizable	mg/kg	30 a 50		
Fósforo Olsen	mg/kg	Mayor a 20	16 ppm	10 ppm
Potasio	cmol(+)/kg	0,4 a 0,6	100 ppm	100 a 150 ppm
Calcio	cmol(+)/kg	6 a 12	0,3	5
Magnesio	cmol(+)/kg	1 a 2	0,2	0,5
Sodio	cmol(+)/kg	0,05 a 0,6		
Suma de bases	cmol(+)/kg	Mayor a 10		
Azufre	mg/kg	Mayor a 12	13	
Hierro	mg/kg	5 a 15		
Manganeso	mg/kg	4 a 10		20
Zinc	mg/kg	1 a 2		
Cobre	mg/kg	0,4 a 1	0,6	
Boro	mg/kg	mg/kg	0,9	0,5

Fuente: Hirzel, 2012; Pinochet, et al 2013 y Strick, 2006.

3.2.1.3 Análisis foliar

El análisis químico de tejidos vegetales es una valiosa herramienta para evaluar directamente el estado nutricional de un cultivo e indirectamente la disponibilidad del nutriente en el suelo. Permite medir la concentración total de un elemento en la planta o una fracción de ésta. Se emplea para diagnosticar deficiencias nutricionales y decidir sobre las posibles modificaciones a realizar en el programa de fertilización de la misma temporada, o de la siguiente.

Normalmente el muestreo de hojas se realiza cuando se presenta la mayor estabilidad de nutrientes. En arándano, la época de muestreo debe ser realizada desde noviembre a abril, dependiendo del nutriente como se muestra en el Cuadro 21.

El tipo de tejido que se debe seleccionar corresponde a hojas recientemente maduras del tercio medio del brote anual, entre 60 -100 hojas, aproximadamente.

Cuadro 21. Estándares foliares para arándano alto, cultivados en suelos volcánicos del sur de Chile y fechas adecuadas de muestreo.

Nutriente	Normal	Fecha de Muestreo
Nitrógeno (%)	< 2.20	noviembre
Fósforo (%)	0.07 – 0.08	marzo–abril
Potasio (%)	0.55 – 0.80	marzo–abril
Calcio (%)	0.40 – 0.60	marzo–abril
Magnesio (%)	0.09 – 0.14	marzo–abril
Azufre (%)	0.09 – 0.20	noviembre – diciembre
Aluminio (mg kg ⁻¹)	< 60	noviembre – diciembre

Fuente: Pinochet *et al*, 2011.

En el cuadro 22 se muestran los estándares foliares para arándano desarrollados en Chile a partir de la investigación realizada en distintas zonas agroclimáticas.

Cuadro 22. Niveles de referencia adecuados para análisis foliar en arándanos (estándares nacionales).

Nutriente	% Peso Seco	Nutriente	Concentración
N	1.7 - 2.1 %	B	30 - 70 ppm
P	0.15 - 0.4 %	Cu	5.0 - 20 ppm
K	0.5 - 0.65 %	Fe	60 - 200 ppm
Ca	0.4 - 0.8 %	Mn	40 - 350 ppm
Mg	0.2 - 0.25 %	Zn	25 - 30 ppm
S	0.12 - 0.2 %		

Fuente: Retamales, 2012; Vidal, 2012; Hirzel, 2008.

3.2.2 Suministro de nutrientes en el suelo

El suministro del suelo se determina a partir del análisis químico y corresponde a la cantidad de nutrientes disponibles para ser extraídos por las raíces de las plantas. Para determinar el real suministro del suelo, se debe conocer el volumen de éste efectivamente en contacto con las raíces. Dicho volumen se define como la zona de extracción de nutrientes (Cuadro 23 y 24).



En el cuadro 23 se muestra un ejemplo práctico para el cálculo de la zona de extracción de nutrientes en arándanos:

Cuadro 23. Cálculo de zona de extracción de raíces en huertos de arándanos.

Área extracción de nutrientes	Diámetro horizontal raíces (m)	Área horizontal de raíces ($R^2 \cdot \pi$)	Densidad (Plantas/ha)	Profundidad de exploración raíces (m)	Volumen de suelo explorado (m^3)	Volumen de 1 Ha Suelo (m^3)	Zona de Extracción
Alto volumen de exploración de raíces	1,2	1,1310	3.333	1,2	4.523	12.000	37%
Bajo volumen de exploración raíces	0,8	0,503	3.333	0,5	838	5.000	16%

Cuadro 24. Potencial de absorción de raíces de arándanos en función del volumen de exploración

Nutriente	Análisis de suelo (ppm)	Gr/Ton Suelo	Peso Suelo (Ton/ha)	Zona de Extracción	Capacidad de absorción de raíces	Unidades
Potasio	137	137	3.600	37%	182,5	kg/ha
	137	137	3.600	16%	78,9	kg/ha

Para determinar la zona de extracción de nutrientes se requiere la elaboración de calicatas. Éstas permiten medir el volumen real de suelo que exploran las raíces y a su vez la concentración de nutrientes efectivamente disponibles. Así un mayor volumen de raíces en el suelo permite extraer una mayor cantidad de nutrientes disponibles en el suelo (Foto 7).



Foto 7. Calicata para determinar profundidad de raíces en arándano.

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

Como se observa en el cuadro 24 un huerto de arándanos que presenta una zona de extracción de un 37% es capaz extraer una mayor cantidad de nutrientes por unidad de superficie. Por el contrario plantas con menor desarrollo de raíces tiene un menor suministro de nutrientes para ser extraídos.

3.2.3 Fertilización de Corrección

Una vez detectadas las limitantes nutricionales en el suelo, se debe planificar su corrección. La práctica de corrección de los niveles de nutrientes en el suelo se relaciona directamente con el potencial productivo de un huerto de arándanos. Así, en la medida que los niveles de nutrientes se acercan a los valores óptimos requeridos, la planta expresará un mayor desarrollo vegetativo, mayor número de brotes basales y una estructura de planta capaz de soportar una mayor carga frutal en el tiempo. En muchas ocasiones, la cantidad de un nutriente necesario para corregir un nivel de fertilidad en el suelo, suele resultar muy alta, por lo que es necesario planificar una estrategia de corrección de dos o tres temporadas. Una estrategia racional de corrección involucra en primer lugar corregir los índices de acidez del suelo, a través del uso de enmiendas calcáreas. Una vez que se alcanza el pH óptimo requerido para la especie o variedades, se debe continuar con la corrección de los nutrientes limitantes. En la zona sur de Chile el principal nutriente limitante de los suelos volcánicos es el fósforo. Dicho nutriente a pesar de ser requerido en baja concentración en arándanos su disponibilidad para las plantas es baja en suelos volcánicos debido a su alta retención por los complejos de aluminio y materia orgánica. Esta limitante implica un menor desarrollo de raíces, la cual indirectamente hará menos eficiente la captura de nutrientes como potasio y calcio que ingresan a la planta por difusión, donde se requiere una alta concentración en el suelo. El nitrógeno en tanto se transporta a la planta vía flujo de masa, por lo tanto, mantener niveles de humedad adecuado son fundamentales para obtener una alta eficiencia de absorción de este nutriente.

La fertilización de corrección contempla incrementar el nivel de disponibilidad de los nutrientes hasta alcanzar el nivel crítico de suelo definido para cada elemento (Cuadro 20). Para su diseño y aplicación, es necesario considerar si el huerto se encuentra establecido o por establecer y la forma de aplicación de los fertilizantes. Una vez aplicadas las dosis de corrección, se debiera realizar un nuevo análisis de suelo corroborando que los niveles críticos de cada nutriente fueron alcanzados

La dosis de corrección para distintos nutrientes se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Dosis Corrección (kg/ha)} = (\text{Suministro a Alcanzar} - \text{Suministro Actual}) * \text{Zona Extracción de raíces ideal (\%)} * \text{Factor de conversión de nutriente en su estado oxidado} * \text{Factor de eficiencia de Fertilización}^{-1}$$

Factor de Eficiencia Fertilización (P, K y S): factor de eficiencia de fertilización de corrección del nutriente en estudio ($\text{mg kg}^{-1}/\text{kg ha}^{-1}$).

Cuadro 25. Factores de eficiencia de fertilización de corrección (adaptado Pinochet, 2011)

Factores de Eficiencia ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}/\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)*				
Grupo de Suelo	Unidad	Fósforo (P)	Potasio (K)	Azúfre (S)
150- 400	mg/kg-1 Al ext	0,025	0,24	0,242
400-1200	mg/kg-1 Al ext	0,020	0,33	0,213
>1.200	mg/kg-1 Al ext	0,015	0,45	0,17
* Dosis Única en Cobertera.				

Fuente: Pinochet *et al*, 2014.

A continuación se presenta un cuadro con una estimación de las cantidades de nutrientes a aplicar, considerando la ecuación de corrección y 3 niveles de concentración de nutriente en el suelo por debajo los niveles críticos.

Cuadro. 26 Fertilización de corrección para tres niveles bajo los niveles críticos para arándanos.

Nivel crítico a alcanzar	16 ppm P			150 ppm de K			12 ppm S		
Nivel Actual	5 ppm	8 ppm	12 ppm	50 ppm	100 ppm	120 ppm	4 ppm	8 ppm	10 ppm
	kg P_2O_5			kg K_2O			kg S		
150- 400 mg/kg ⁻¹ Al ext	453	330	165	225	113	68	14,9	7,4	3,7
400-1200 mg/kg ⁻¹ Al ext	567	412	206	164	82	49	16,9	8,5	4,2
>1.200 mg/kg ⁻¹ Al ext	756	550	275	120	60	36	21,2	10,6	5,3

Observación: considera una zona de extracción ideal a corregir de un 45% de exploración de raíces y la incorporación de los fertilizantes en el perfil de suelo.

3.2.4 Demanda de Nutrientes

Corresponde a los requerimientos de nutrientes necesarios para asegurar el crecimiento y producción anual del cultivo. La demanda depende fundamentalmente del nivel productivo del huerto y varía año a año según la edad del cultivo, variedad, estado fenológico y objetivo de la producción. Así, la demanda anual de nutrición deberá ser ajustada en base a la carga frutal estimada al momento de la poda, la cual se asocia con el nivel productivo alcanzado durante la temporada anterior.

Cuadro 27. Demanda de nutrientes necesarios para producir 1 ton de fruta fresca de arándano (kg nutriente/ton).

Nutriente	Variedades Precoces	Variedades Intermedia	Variedades Tardías
N	6,2	5,1	5,2
P ₂ O ₅	1,6	1,3	1
K ₂ O	5,7	7,9	6,1
CaO	3	5	5,1
MgO	0,9	0,9	1,1

Fuente: Vidal, 2012.

Para ajustar la demanda anual de nutrientes se debe considerar el uso de algunas herramientas de chequeo como análisis foliar y análisis nutricional de fruto.

Una vez determinada la demanda anual del cultivo, es necesario conocer el reparto de dichos nutrientes según avanzan los distintos estados fenológicos. De esta manera, el coeficiente de reparto permite establecer aquellos períodos de desarrollo en que la planta requiere los nutrientes en mayor o menor proporción. Estos afectan directamente el rendimiento del cultivo y del mismo modo, la calidad y condición de fruta según los objetivos de producción planteados. A continuación se describen los requerimientos de nutrientes en cada uno de los estados fenológicos del cultivo, los cuales se diferencian según el comportamiento y duración de los estados fenológicos de las variedades y los coeficientes de reparto de la demanda.

3.2.4.2 Estados fenológicas del arándano

Se debe conocer y ordenar cada una de las etapas fenológicas, y al mismo tiempo, medir la duración que tienen estos estados en las distintas zonas agroecológicas, para conocer en qué períodos corresponderá diferenciar la cantidad de nutrientes a aplicar. La precisión en la nutrición se basa, en gran medida, en el conocimiento de cada una de las etapas en que se encuentra la planta durante su ciclo. Dicha información es clave para



planificar un adecuado programa nutricional. A continuación se presenta la extensión de cada uno de los estados fenológicos en arándanos para cada variedad en las zonas agroecológicas en las cuales fueron ubicadas las unidades Cropcheck de este estudio.

Cuadro 28. Extensión de estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la variedad Duke, en distintas zonas agroecológicas del sur de Chile.

Variedad Cropcheck	Duke		
	La Araucanía (días)		
Estados fenológicos	Secano Costero	Secano Interior	Valle Central
Inicio de Crecimiento	63,0	70,0	70,0
Inicio Floración	14	21	21
30% Floración	14	14	14
60% Floración	14	21	21
90% Floración	21	14	14
Pleno Crecimiento	42	42	42
100% Cuaja	14	14	14
25% Cuaja	14	14	14
50% Cuaja	14	14	14
Término de Crecimiento	56	42	42
Crecimiento de fruto	21	14	14
Llenado de Fruto	21	14	14
Inicio de Cosecha	14	14	14
D. Cosecha	28	28	28
Peak de Cosecha	14	14	14
Término de Cosecha	14	14	14
Poscosecha Huerto	77	77	77
Poscosecha	77	77	77
Total general	266	259	259

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

Cuadro 29. Extensión de estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la variedad Brigitta, en distintas zonas agroecológicas del sur de Chile.

Variedad Cropcheck	Brigitta				
	La Araucanía (días)			Los Ríos (días)	
Estados fenológicos	Precordillera	Secano Interior	Valle Central	Huichaco	Itropulli
Inicio de Crecimiento	82	49	56	56	56
Inicio Floración	26	7	14	14	14
30% Floración	19	14	14	14	14
60% Floración	19	14	14	14	14
90% Floración	19	14	14	14	14
Pleno Crecimiento	42	42	44	35	42
100% Cuaja	14	14	14	14	14
25% Cuaja	14	14	14	7	14
50% Cuaja	14	14	16	14	14
Término de Crecimiento	54	56	61	56	84
Crecimiento de fruto	14	21	21	14	28
Llenado de Fruto	23	14	23	28	42
Inicio de Cosecha	16	21	16	14	14
Cosecha	56	35	37	28	28
Peack de Cosecha	21	14	16	14	14
Término de Cosecha	35	21	21	14	14
Poscosecha Huerto	54	63	49	49	77
G. Poscosecha	54	63	49	49	77
Total general	287	245	247	224	287

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

Cuadro 30. Extensión de estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la variedad Legacy, en distintas zonas agroecológicas del sur de Chile.

Variedad Cropcheck	Legacy			
	La Araucanía (días)		Los Ríos (días)	Los Lagos (días)
Estados fenológicos	Precordillera	Valle Central	Itropulli	Remehue
Inicio de Crecimiento	70,0	77,0	56,0	70,0
Inicio Floración	14	21	14	18
30% Floración	14	21	14	18
60% Floración	14	14	14	18
90% Floración	28	21	14	18
Pleno Crecimiento	42	42	42	42
100% Cuaja	14	14	14	14
25% Cuaja	14	14	14	14
50% Cuaja	14	14	14	14
Término de Crecimiento	84	63	42	46
Crecimiento de fruto	14	14	14	14
Llenado de Fruto	42	28	14	18
Inicio de Cosecha	28	21	14	14
Cosecha	42	42	28	39
Peak de Cosecha	28	21	14	14
Término de Cosecha	14	21	14	25
Poscosecha Huerto	98	91	35	63
G. Poscosecha	98	91	35	63
Total general	336	315	203	259

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

Cuadro 31. Extensión de estados fenológicos vegetativos y reproductivos de la variedad Elliott, en distintas zonas agroecológicas del sur de Chile.

Variedad Cropcheck	Elliott			
	La Araucanía (días)	Los Ríos (días)		Los Lagos (días)
Estados fenológicos	Valle Central	Huichaco	Remehue	Remehue
Inicio de Crecimiento	70	63	63	56
Inicio Floración	18	21	14	14
30% Floración	18	14	14	14
60% Floración	18	14	14	14
90% Floración	18	14	21	14
Pleno Crecimiento	42	42	42	42
100% Cuaja	14	14	14	14
25% Cuaja	14	14	14	14
50% Cuaja	14	14	14	14
Término de Crecimiento	53	56	49	63
Crecimiento de fruto	14	21	14	21
Llenado de Fruto	18	21	21	28
Inicio de Cosecha	21	14	14	14
Cosecha	49	42	37	28
Peack de Cosecha	25	21	14	14
Término de Cosecha	25	21	23	14
Poscosecha Huerto	53	35	40	63
G. Poscosecha	53	35	40	63
Total general	266,0	238,0	231,0	252,0

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

3.2.4.3 Coeficientes de reparto de la demanda

A continuación se presentan los coeficientes de reparto determinados por análisis destructivo de plantas, a través de los cuales se determinó la concentración relativa de los cuatros principales macronutrientes del cultivo.

Cuadro 32. Coeficientes de reparto de la demanda anual de Nitrógeno (N), Fósforo (P_2O_5), Potasio (K_2O) K y Calcio (CaO) para variedades de arándanos precoces, intermedias y tardías.

Nutriente	Tipo	kg Nutriente/ton Fruta	Coeficiente de Reparto de la Demanda (%)			
			Brotación-Término de Cuaja	Pinta a Inicio Cosecha	Cosecha	Poscosecha
Nitrógeno N	Precoz	6,2	33%	36%	8%	23%
	Intermedia	5,1	30%	30%	10%	30%
	Tardía	5,2	35%	35%	20%	10%
Fósforo P_2O_5	Precoz	1,6	15%	28%	9%	48%
	Intermedia	1,3	20%	20%	40%	20%
	Tardía	1	10%	30%	40%	20%
Potasio K_2O	Precoz	5,7	20%	37%	19%	24%
	Intermedia	7,9	25%	25%	40%	10%
	Tardía	6,1	25%	25%	40%	10%
Calcio CaO	Precoz	3	21%	52%	8%	19%
	Intermedia	5	35%	35%	20%	10%
	Tardía	5,1	20%	40%	30%	10%

Fuente: Vidal, 2012.

3.2.5 Elaboración de programas anuales de nutrición

La elaboración de programas de nutrición debe considerar cada una de las variables expuestas anteriormente en este boletín. Así, cada unidad de producción requiere de un programa de nutrición específico, considerando las herramientas de diagnósticos, el suministro y estudio de raíces del suelo para la elaboración de programas de corrección a mediano plazo. Del mismo modo, para desarrollar un programa de mantención en arándanos, es preciso conocer la demanda anual de los nutrientes en función del rendimiento esperado, variedad, edad de las plantas, extensión de las etapas fenológicas del cultivo y coeficientes de reparto de la demanda. Esto con el fin de proporcionar los nutrientes necesarios, en el momento adecuado, según sea el objetivo de producción de cada huerto. Del mismo modo es preciso considerar, el análisis de composición del agua de riego para descontar los aportes de nutrientes provenientes del agua de riego.

La elección del método de aplicación de fertilizantes, es sin duda crucial, sistemas de fertirriego permiten incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes aplicados en la zona de mojamiento. Las áreas agrícolas bajo riego presurizado se están expandiendo a través del mundo y la fertirrigación, proceso por el cual los fertilizantes son aplicados junto con el agua, debe ser considerado un componente esencial de estos sistemas de riego modernos. Esta técnica permite controlar fácilmente la dosis, la concentración y la relación de los fertilizantes aplicados. Existen muchas evidencias experimentales acerca de las ventajas de la fertirrigación en arándanos y su efecto en la productividad y calidad (Vidal, 2007).

En Chile, prácticamente el 100% del arándano dispone de riego presurizado, en consecuencia, el fertirriego no es una alternativa sino que se transforma en una necesidad por las numerosas ventajas que ofrece para manejar la nutrición de esta especie. Para diseñar programas de fertirriego, se deben tomar en consideración diversos aspectos del suelo, agua, planta y fertilizantes. Es preciso tener en consideración la elección de fuentes fertilizantes considerando relación precio/calidad y siempre respetar la compatibilidad de estos, así como asegurar la correcta mantención del sistema de fertirriego en pre-temporada. Finalmente, señalar, que sin duda la elaboración de programas de nutrición es un proceso complejo que requiere del apoyo de un profesional especialista, el cual debe evaluar en forma conjunta con el productor cada una de dichas variables, para estimar en forma precisa las reales necesidades de nutrientes en el huerto.

3.2.6 Evaluación del punto de chequeo nutrición

A partir del conteo del número de yemas por unidad de superficie, fue posible estimar el rendimiento esperado de cada unidad Cropcheck para la campaña 2014-15. Para cada una de las 26 unidades en estudio fueron desarrollados programas específicos de nutrición. Los programas consideraron además, como información de base, la zona agroecológica, variedad, análisis físico-químico de suelo y análisis foliar. Cada uno de los programas incluyó fuentes y dosis de fertilizantes a aplicar mensualmente entre los meses de octubre de 2014 a marzo 2015. Del mismo modo se detallan las unidades de nutrientes parciales en cada uno de los meses como se describe en el Cuadro 33.

Por su parte, cada productor en cada unidad Cropcheck aplicó mensualmente la recomendación vía fertirriego. Aquellos productores orgánicos que no tuvieron disponibilidad de insumos para realizar fertirriego, aplicaron en cobertera en el mes de octubre.

En el Cuadro 33, se muestra un modelo de ejemplo de programa de nutrición entregado a cada uno de los 24 productores, para ser aplicado a cabalidad en la unidad Cropcheck en estudio.

Cuadro 33. Unidades de fertilizantes/nutrientes repartidos en distintos meses, temporada 2014 - 2015.

Productor		Cropcheck INIA				
Región	La Araucanía					
Zona Agroecológica	Secano Interior					
Variedad Cropcheck	Duke					
Superficie Cropcheck (Ha)	1					
Rdto Estimado (kg/ha)	13.394					
Unidades	Suma de N	Suma de P ₂ O ₅	Suma de K ₂ O	Suma de CaO	Suma de MgO	Suma de S
Octubre	7,4	2,1	6	2,6	1,5	4,2
Noviembre	12,5	3,5	6	3,6	2,5	5,4
Diciembre	12,7	7	18,5	5,5	4,8	12,9
Enero	10	6,3	18,5	5,5	4	11,9
Febrero	7,7	2,1	6	0,8	1,5	4,2
Marzo	0	2,1	6	0	1,5	2
Total general	50,3	23,1	61	17,9	15,8	40,6
Total Fertilizantes (kg)	Nitrato de Calcio	Urea	Sulfato de Potasio	Sulfato de Magnesio	Ácido fosfórico	Total general
Octubre	10	13	12	8	3	46
Noviembre	14	23	12	13	5	67
Diciembre	21	21	37	25	10	114
Enero	21	15	37	21	9	103
Febrero	3	16	12	8	3	42
Marzo	0	0	10	8	3	21
Total general	69	88	120	83	33	393

3.3 Punto de chequeo manejo de *Botrytis* en huertos de arándanos

3.3.1 Enfermedades en pre-cosecha que afectan la calidad y condición de la fruta en poscosecha

Las enfermedades causadas por hongos en pos-cosecha representan las mayores pérdidas económicas en la industria del arándano. La calidad y durabilidad de los frutos depende principalmente de las variedades establecidas, como también del manejo agronómico realizado en el huerto durante el período de pre-cosecha. El desarrollo de estas enfermedades luego de la infección inicial, dependerá de las condiciones ambientales, la presencia del inóculo y sin duda la prevención y control en pre cosecha de la enfermedad y el manejo de condiciones de pos-cosecha en el huerto. El proceso de madurez del fruto y almacenamiento incrementa la susceptibilidad al ataque de microorganismos, favorecido por el deterioro normal en etapa de madurez y un estado fisiológico que significa la pérdida paulatina de mucho de los mecanismos de defensa contra el ataque de patógenos y saprófitos.

3.3.1.1 Agentes causales

Varios son los hongos que pueden afectar los frutos en la etapa de pos-cosecha, algunos provienen del huerto y otras patologías se desarrollan durante el procesamiento de la fruta o en almacenaje. En el huerto las infecciones pueden partir desde la floración y seguir durante la madurez del fruto, para posteriormente ser detectadas en poscosecha.

Cuadro 34. Patógenos de pre-cosecha detectados en pos-cosecha.

Nombre de la enfermedad	Patógeno
Pudrición gris	<i>Botrytis cinerea</i>
Antracnosis	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>
Deshidratados de frutos	<i>Phomopsis vaccinii</i>

Fuente: France, 2012

El período más susceptible corresponde al estado fenológico de floración. Por lo tanto, dicho período es el más importante para prevenir y controlar la pudrición gris y otros hongos que usan la flor para alimentarse. Los productos recomendados también tienen cierto efecto sobre otros hongos de poscosecha (France, A. 2012).



Muchos son los factores que determinan el manejo de una enfermedad. Sin embargo, es importante identificar aquellos que tienen mayor incidencia en su control, los que se describen a continuación:

- Diagnóstico correcto de la enfermedad a controlar.
- Conocer la biología del patógeno y sus estados de susceptibilidad.
- Conocer el espectro y modo de acción de los pesticidas.
- Actualizarse en los registros y carencias de los ingredientes activos por mercado de destino.
- No repetir ingredientes activos en aplicaciones sucesivas.
- Asegurar cubrimientos y dosificaciones correctas.
- Aplicar de acuerdo a los estadíos fenológicos y no por calendario.
- Identificar condiciones favorables para desarrollo de la enfermedad.
- En caso de incluir productos biológicos, usarlos después de los químicos o durante la cosecha.
- Estrategias de control (Preventivo y curativo).

3.3.2 Pudrición gris (*Botrytis cinerea*)

3.3.2.1 Biología y sintomatología

Los síntomas se observan de preferencia en flores y frutos, aunque también puede afectar hojas. En esta última causa lesiones de color café que comienzan generalmente por el centro de la lámina y se extiende hacia los bordes, produciendo una necrosis extensiva de las hojas. En el caso de las flores, se producen lesiones necróticas, que crecen hasta atizonar por completo la flor y posteriormente, el racimo floral. En los frutos inmaduros también se puede observar necrosis, pero está condicionada a la presencia de restos florales.





Foto 8. Síntomas *botrytis* en flor. Gentileza Dr. Andrés France

En los frutos maduros es donde se alcanza la mayor expresión de síntomas, caracterizada por ablandamiento de la fruta, tonalidad opaca, liberación de jugo, deshidratación y desarrollo de nidos de micelio. Si la humedad ambiente es alta, sobre las lesiones se desarrollan las estructuras reproductivas del patógeno (conidióforos y conidias), dando un aspecto plumizo a los tejidos.



Foto 9. *Botrytis* en restos florares. Gentileza Dr. Andrés France

Este hongo es polífago e inespecífico en los sustratos que coloniza, pudiendo dañar tejidos verdes de diferentes plantas e incluso tejidos en descomposición. El inóculo de *Botrytis* es muy abundante en el ambiente y proviene de los numerosos huéspedes que tiene. Las primeras infecciones ocurren en las flores y posteriormente los restos florales infectados pueden transmitir la enfermedad a los frutos, haciendo crítico el control durante este estado de desarrollo. Las infecciones de fruta pueden ser tan temprano como la cuaja y manifestarse cuando alcanza la madurez o en destino, sobre todo si existen condiciones propicias para su desarrollo en la poscosecha, como son los quiebres de la cadena de frío. Los frutos infectados pueden desarrollar esclerocios de color negro, a medida que se deshidratan o durante el invierno, los que sirven como estructura de resistencia al hongo en períodos invernales.

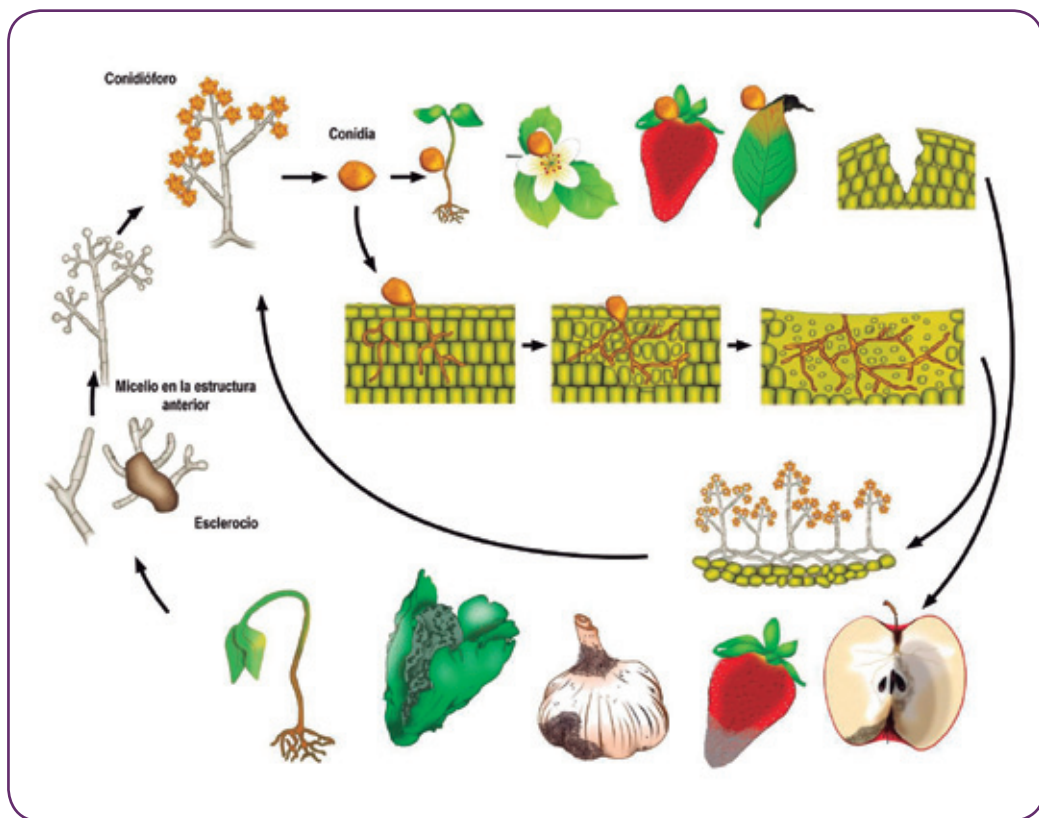


Figura 6. Ciclo biológico para *botrytis cinerea*.

Fuente Dr. Andrés France. INIA Quilamapu



Foto 10. Sintomatología de pudrición gris en cuaja de arándano.



Foto 11. Sintomatología de pudrición gris en apriete de racimo en arándano.

3.3.2.2 Estrategias de control

El control de *botrytis* se dirige al desarrollo de estrategias de manejo integrado. Lo anterior implica realizar acciones de manejo agronómico que apunten a disminuir las condiciones predisponentes para el ataque del patógeno. De esta manera, se debe evitar sobre fertilizar, particularmente con exceso de nitrógeno, altas densidades de plantas, uso de variedades de floración prolongada, daño por viento y heladas. Algunos de estos factores se deben prevenir al momento de la plantación, como la elección de variedades tolerantes o menos susceptibles, cortinas cortavientos y otros como el control de heladas, regulación de la poda y manejo hídrico de las plantas. Por otra parte, dentro de las estrategias de control químico de *botrytis* se consideran dos tipos, y ambas dependen del uso y aplicación de pesticidas.

- Aquellas críticas y que deben ser realizadas en los estados fenológicos de mayor susceptibilidad.
- Aquellas que deben ser realizadas cuando las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad, pero en estados fenológicos menos susceptibles.

3.3.2.3 Aplicaciones críticas: inicio a término de floración

Los controles críticos con productos químicos o biológicos deben iniciarse con las primeras flores abiertas y continuar a calendario cubriendo toda la floración, a intervalos de 8 a 15 días, dependiendo de la residualidad de los productos y de la frecuencia de precipitaciones (Cuadro 35).

Cuadro 35. Estados fenológicos susceptibles a *Botrytis cinerea* y procedimiento de aplicaciones críticas a calendario y aplicaciones a condición.

	Estado Vegetativo	Estado Reproductivo	Procedimiento
	Inicio de Crecimiento	Inicio Floración	Aplicaciones Críticas según Fenología a calendario
		30% Floración	
		60% Floración	
		90% Floración	
	Pleno Crecimiento	25% Cuaja	
		50% Cuaja	
		100% Cuaja	
	Término de Crecimiento	Crecimiento de fruto (25%)	Aplicaciones a Condición
		Llenado de Fruto (50%)	
	Cosecha	Inicio de Cosecha	
		Peak de Cosecha	
		Término de Cosecha	

Fuente: Adaptado de France, 2012

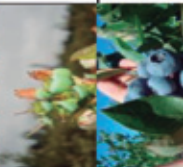
A la cosecha es necesario evitar los restos florales adheridos al fruto (Cuadro 36), ya que son un buen reservorio de inóculo a desarrollarse en almacenaje. Para guardas y viajes prolongados (por ejemplo a Oriente), se debe hacer controles de precosecha. Para la correcta elección de productos para el control químico, se debe considerar los siguientes criterios:

- Inicio temporada, sin hoja, preferir productos de contacto.
- Períodos secos, preferir productos de contacto.
- Con hoja, incorporar productos sistémicos.
- Previo a lluvia, preferir productos sistémicos conociendo el tiempo libre de precipitaciones para absorción (6 horas).
- Rotación de Ingredientes Activos (IA), evitar resistencia.

3.3.2.4 Aplicaciones a condición: término de cuaja a cosecha

Aplicaciones “a condición” se realizan cuando las condiciones ambientales son propicias para la desarrollo de la enfermedad. Se realizan desde cuaja hasta cosecha y dependen de posibles daños por granizo o temporales de viento que ramalean la fruta generando heridas que deben ser protegidas. Además, es necesario continuar con las aplicaciones en apriete de racimos para aquellas variedades con racimos compactos. Se deben hacer aplicaciones cuando el follaje permanece mojado por al menos 15 horas, independiente de la cantidad de precipitación y temperaturas sobre 12°C. Se considera follaje mojado cuando al agitar la planta se observa caída de agua o al pasar la mano por dentro de la planta ésta queda mojada. Precipitaciones prolongadas durante el desarrollo del fruto provocan un desfase en la frecuencia entre aplicaciones de fungicidas y el consecuente lavado del producto asperjado con anterioridad a la lluvia, provocando una disminución en la efectividad del producto.

Cuadro 36. Listado de Botritricidas.

Lista Botricidas disponibles en el mercado							Carencias (A.P. ASOEX)				
Estado reproductivo	L.A.	Producto Comercial	Proveedor	Dosis x 100 L.	Modo de Acción	Espectro control	U.S.A.	U.E.	CHINA	JAPON	
  	Azoxistrobin	Quadris	Syngenta	100 cc	Sistémico y contacto	Oídio; antracnosis	3	3	3	3	
	Capitan	Capitan	Adama	500 g	Contacto		3	-	3	3	
	Fenbuconazole	Indar 2 F	Dow Agro	100 cc	Sistémico y contacto	Hongos de madera	20	5	ST	20	
	Clorotalonil	Bravo 720	Syngenta	210 cc	Contacto		18	40	ST	18	
	Iproconazole	Rovral 4 Flo	Connexion	100 cc	Contacto		3	3	ST	3	
		Rulon	Mabruk	100 cc	Contacto	Fomopsis; Vinuela	3	3	ST	3	
		Iprodion	Agrospec	100 cc	Contacto		3	3	ST	3	
	Pyraclostrobin	Comet	Basf	50 cc	Contacto		3	3	3	3	
	Boscalid + Pyraclostrobin	Bellis	Basf	100 g	Sistémico y Contacto		6	6	6	5	
	50% Flor	Cyprodinil + Fludiofanil	Switch 62,5 WG	Syngenta	100 g			3	3	ST	3
100 % Flor	Fenhexamid	Teldor 50 WP	Bayer	100 g	Contacto	Antraconosis; Oidio	3	3	3	3	
 	Trichodermas	Haritop	Biogram	200 cc	Contacto; antagonista		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Trichonativa	Bionativa	200 cc	Contacto; antagonista		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Binab T	Connexion	35 g	Contacto; antagonista		Exento	Exento	Exento	Exento	
		3-Tac	Avance BT	200 gr	Contacto; antagonista		Exento	Exento	Exento	Exento	
	Extractos de cáñamo	BC-1000	Chemie S.A.	180 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Citrus SL	Agrospec	180 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
	Ext. Mielbeuca o.	Statius	Anasac	180 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Timorex Gold	Syngenta	250 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
	Cosecha y a condición	Serenade Aso	bayer	1000 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Bacillus subtilis	Nucillus	Bionativa	500 gr	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento
Biocopper			Adama	200 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
Sulfato de Cobre Pentahidratado		Mastertop	Bloamerica	150 cc	Contacto		Exento	Exento	Exento	Exento	
		Phyton 27	Connexion	250 cc	Sistémico	Alternaria; Oidio	Exento	Exento	Exento	Exento	
Fenhexamid		Teldor 50 WP	Bayer	100 g	Contacto		3	3	3	3	
Boscalid	Cartius	Basf	200 gr	Sistémico		6	6	6	5		

Fuente: Unidad de Frutales Coopersem. Agencia de Pesticidas ASOEX. 2014

3.3.3 Estados fenológicos del cultivo del arándano susceptibles al ataque de Botrytis

La ocurrencia de los estados fenológicos en arándano está influenciada por efecto de las condiciones medioambientales y geográficas. Así, una misma variedad presenta diferencias en el desarrollo de estos estados, de acuerdo a la localidad donde se encuentre establecido el cultivo.

3.3.4 Comportamiento de las distintas variedades sobre las diferentes zonas agroecológicas

Los siguientes cuadros muestran el comportamiento de las variedades evaluadas en las diferentes zonas agroecológicas en estudio.

Los datos presentados, corresponden a la información proporcionada por cada uno de los productores participantes, obteniendo un promedio de inicio y término de cada estado fenológico, permitiendo al productor establecer sus períodos críticos para prevención y control de Botrytis, según su variedad y ubicación geográfica.

A modo de ejemplo, en el cuadro 37 podemos observar que el cv. Duke en el Secano Interior presenta un período crítico para aplicaciones de fungicidas de 63 días – el cual se inicia en la semana 38 y finaliza en la semana 46 - a diferencia del Secano Costero y Valle Central, donde éste periodo se prolonga a 77 días (14 días más).

Cuadro 37. Extensión del período de floración del cv. Duke según zona agroecológica.

	La Araucanía						Duración del Estado (Días)
	Secano Interior		Secano Costero		Valle Central		
	Semana		Semana		Semana		
Estado reproductivo	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Prom.
Inicio Floración	38	39	38	39	38	39	14
30% Floración	40	40	40	40	40	40	7
60% Floración	41	42	41	42	41	42	14
90% Floración	43	43	43	43	43	43	7
25% Cuaja	44	44	44	44	44	44	7
50% Cuaja	45	45	45	46	45	46	12
100% Cuaja	46	46	47	48	47	48	12
N° Días	63		77		77		72,3

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca. Semana 38: 15 al 21 septiembre. Semana 48: 24 al 30 noviembre.



Cuadro 38. Extensión del periodo de floración del cv. Brigitta según zona agroecológica.

	La Araucanía						Los Ríos				Dura- ción del Estado Días
Estado reproductivo	Secano Interior		Valle Central		Pre- cordillera		Huichaco		Itropulli		
	Semana		Semana		Semana		Semana		Semana		
	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Promedio
Inicio Floración	41	41	39	40	38	40	37	38	35	36	14
30% Floración	42	42	41	42	41	41	39	40	37	38	11
60% Floración	43	43	43	44	42	43	41	42	39	40	12
90% Floración	44	45	45	45	44	44	43	44	41	42	11
25% Cuaja	46	46	46	46	45	46	45	46	43	44	11
50% Cuaja	47	47	47	47	47	48	47	48	45	46	11
100% Cuaja	48	49	48	49	49	50	49	50	47	48	14
Sumatoria Días Totales	63		77		91		98		98		85,4

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

Cuadro 39. Extensión del periodo de floración del cv. Legacy según zona agroecológica.

	La Araucanía				Los Ríos		Los Lagos		Duración del Esta- do Días
	Valle Central		Precordillera		Itropulli		Remehue		
	Semana		Semana		Semana		Semana		
Estado Reproductivo	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Prom.
Inicio Floración	34	35	39	40	35	36	36	37	14
30% Floración	36	37	41	41	37	38	38	38	11
60% Floración	38	39	42	43	39	40	39	41	16
90% Floración	40	41	44	45	41	42	42	44	16
25% Cuaja	42	43	46	46	43	44	45	46	12
50% Cuaja	44	45	47	47	45	46	47	48	12
100% Cuaja	46	47	48	49	47	48	49	49	12
Sumatoria Días Totales	98		77		98		98		93

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

Cuadro 40. Extensión del período de floración del cv. Legacy según zona agroecológica.

	La Araucanía		Los Rios				Duración del Estado.
	Valle Central		Huichaco		Remehue		(Días)
	Semana		Semana		Semana		
Estado Reproductivo	Inicio	Término	Inicio	Término	Inicio	Término	Promedio
Inicio Floración	45	47	38	39	39	40	16
30% Floración	48	48	40	41	41	42	12
60% Floración	49	50	42	43	43	44	14
90% Floración	51	51	44	44	45	46	9
25% Cuaja	52	52	45	46	46	47	12
50% Cuaja	1	2	47	48	48	49	14
100% Cuaja	3	3	49	50	49	50	12
Sumatoria Días Totales	63		77		84		74,7

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

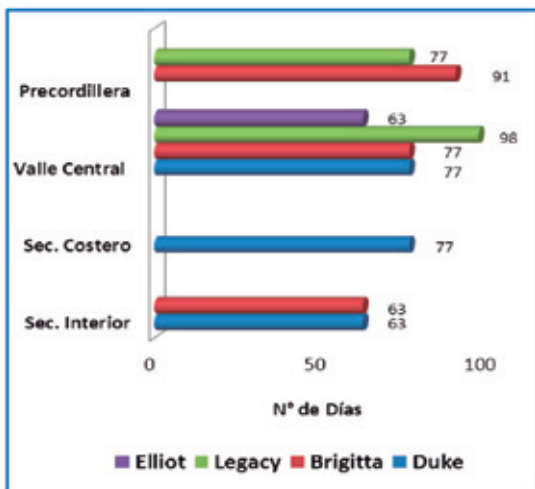
3.3.5 Criterios de ponderación punto de chequeo *Botrytis cinerea*

3.3.5.1 Evaluación de aplicaciones críticas según fenología

Los criterios de ponderación que permiten evaluar este punto de chequeo, fueron desarrollados sobre la base de los datos fenológicos obtenidos de las variedades y su comportamiento en las diferentes zonas agroecológicas. De esta forma, la metodología Cropcheck establece como aplicaciones críticas mínimas, aquellas que cubran el período desde inicio de floración hasta 100% de fruto cuajado (100% de caída de pétalos) y que consideren, además, un período de resguardo de 15 días de los productos fungicidas utilizados.

A modo de ejemplo, si observamos el comportamiento del cv. Legacy, ubicada en Precordillera de La Araucanía (77 días de período crítico) y la comparamos con zona de Itropulli en la Región de Los Ríos (98 días de período crítico), podemos observar una diferencia de 21 días de duración del período crítico. Así, se puede establecer el número de aplicaciones críticas mínimas, para cada zona agroecológica, al dividir la duración del período crítico / período de resguardo del producto.





N° de Días	N° Aplic. Calendario	Ponderación
77	5	100%
91	6	100%
63	4	100%
98	7	100%
77	5	100%
77	5	100%
77	5	100%
63	4	100%
63	4	100%

Gráfico 8. Criterios de ponderación de aplicaciones críticas mínimas según variedades y zonas agroecológicas.

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

3.4. Punto de chequeo riego para el cultivo de arándano

La programación de riego, es un elemento clave de la gestión racional del agua en un cultivo. Corresponde a la estimación de las necesidades de riego (cantidad y tiempo) para una producción óptima de cultivos (rendimiento y calidad de la fruta). El objetivo es aplicar la cantidad correcta de agua en el momento adecuado, con el fin incrementar la producción del cultivo al menor costo y con ello maximizar el retorno económico. Muchas técnicas pueden determinar el momento y cantidad de agua de riego a aplicar. Así, la técnica o tecnología apropiada a elegir, es una función del suministro de agua del predio, las capacidades técnicas del regador, el sistema de riego, el valor de los cultivos, la respuesta de los cultivos al riego, el costo de implementar la tecnología y las preferencias personales (Bryla, 2015). En este capítulo se ilustra las herramientas y técnicas disponibles para mejorar la programación del riego en el arándano.

3.4.1. Disponibilidad de agua en el suelo

La respuesta de la planta está mejor descrita por el contenido de agua en el suelo que por el potencial del agua en la hoja (Turner, 1986). El rango óptimo de contenido de agua para el crecimiento de las plantas generalmente se fija sobre criterios basados en la humedad aprovechable del suelo, también conocida como agua disponible total (ADT). El límite superior se asocia a la Capacidad de Campo (CC) y el límite inferior con el porcentaje de marchitez permanente (PMP). El agua no se encuentra igualmente disponible para las plantas en todo el rango de ADT, por lo tanto se debe regar sólo cuando se agote una fracción de la ADT, cantidad de agua que se denomina fácilmente aprovechable (AFA) (Ferreya y Sellés, 2013).

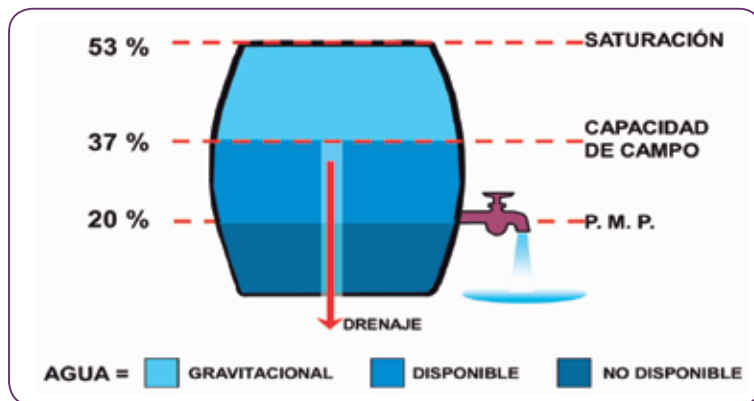


Figura 7. Esquema didáctico de agua disponible total (ADT) en el suelo.

Fuente: Ferreyra y Sellés, 2013.

- **Capacidad de campo (CC):** la cantidad de agua que es retenida por un suelo después de haber sido mojado con abundante agua de riego o lluvia y el excedente de agua haya drenado libremente por 24 a 48 horas.
- **Punto de marchitez permanente (PMP):** es la cantidad de agua que presenta un suelo donde las raíces de la planta no pueden extraer y absorber agua desde el suelo, pudiendo presentar síntomas de marchitez irreversible y morir.
- **Agua fácilmente aprovechable (AFA):** no toda el agua disponible en el suelo está igualmente disponible para las plantas, por lo cual es necesario regar cuando se agote un porcentaje de la ADT de suelo. Esta fracción se denomina umbral de riego, o fracción de agotamiento, y varía según el tipo de cultivo. De esta forma el agua fácilmente aprovechable (AFA) para las plantas se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\text{AFA (mm)} = [\text{CC (\%)} - \text{PMP (\%)}] / 100 \times \text{Da} \times \text{H} \times (1 - \text{pied}) \times \text{PSM} \times (\text{p} / 100)$$

- CC%** = capacidad de campo del suelo, base peso (%)
PMP% = Porcentaje de marchitez permanente, base peso (%)
DA = densidad aparente del suelo (gr/cc)
H = profundidad de raíces (mm)
Pied = Fracción de piedras presentes en el perfil de suelo
PSM = Fracción de suelo mojado por los emisores de riego.
p = Fracción de agotamiento o umbral de riego.

El porcentaje de suelo mojado PSM, corresponde a la fracción de suelo que mojan los emisores cuando se riega por goteo o por micro-aspersión. En estos casos el PSM varía entre 0,4 y 0,6. En el caso de aspersión el PSM es igual a 1. A continuación el Cuadro 41 muestra la disponibilidad de agua fácilmente aprovechable de distintas zonas agroecológicas en el sur de Chile.

Cuadro 41. Agua fácilmente aprovechable (AFA) en función de las propiedades físicas de suelo.

Zona agroecológica	Promedio de CC (% Vol)	Promedio de PMP (% Vol)	Promedio de DA (gr/cm ³)	Promedio de MO (%)	Promedio de Limo (%)	Promedio de Arcilla (%)	Promedio de (%) Arena	Promedio Profundidad raíces (mm)	AFA (mm)
Precordillera	36,5	20,1	0,7	0,2	42,7	19,7	37,5	430,0	12,0
Villarica	36,5	20,1	0,7	0,2	42,7	19,7	37,5	430,0	12,0
Secano Costero	42,0	23,1	0,8	0,1	61,5	15,4	23,1	600,0	23,0
Teodoro Schmidt	42,0	23,1	0,8	0,1	61,5	15,4	23,1	600,0	23,0
Secano Interior	33,2	18,4	1,1	0,1	41,0	33,8	25,2	400,0	16,9
Galvarino	35,8	19,7	1,1	0,1	49,0	37,8	13,1	400,0	17,9
Quino	30,6	17,2	1,1	0,1	33,0	29,7	37,3	400,0	15,8
Valle Central Norte	45,3	24,9	0,8	0,2	49,3	36,1	14,6	500,0	21,2
Perquenco	45,3	24,9	0,8	0,2	49,3	36,1	14,6	500,0	21,2
Valle Central Sur	36,6	20,1	0,6	0,1	52,2	24,4	23,3	583,3	15,8
Freire	35,9	19,8	0,6	0,1	57,0	18,8	24,2	600,0	14,6
Gorbea	40,9	22,5	0,6	0,1	64,5	15,9	19,5	600,0	18,4
Quepe	30,7	16,9	0,8	0,1	21,4	56,4	22,1	600,0	16,4
Villarica	39,9	21,9	0,7	0,2	56,5	17,7	25,8	500,0	15,2

Elaboración propia. Considera un $p=0,65$ y $PSM=0,4$

3.4.2 Demanda de agua en el cultivo de arándanos

El riego se justifica siempre que la precipitación o el ascenso capilar sean insuficientes para satisfacer la demanda de agua en el cultivo. La demanda de agua para la cosecha de arándanos que, dependiendo de su latitud y patrones climáticos, puede ocurrir en cualquier momento, pero fundamentalmente de septiembre a mayo en hemisferio sur. En el sur de Chile, los requerimientos promedio de agua estacional para el arándano oscilan entre 3,5 mm a 35 mm por semana. Los mayores requerimientos de riego ocurren típicamente en el mes de enero, aunque las demandas reales de riego máximo varían considerablemente durante todo el verano: dependiendo del tiempo, la ubicación y la etapa de desarrollo de la fruta. Casi toda el agua absorbida por un cultivo se pierde por transpiración, un proceso que consiste en la vaporización de agua líquida contenida en la planta a la atmósfera. Sólo una pequeña fracción es utilizada dentro de la planta. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. Esta se vaporiza dentro de las hojas y se transfiere a la atmósfera a través de las estomas de las hojas.

El uso del agua por el cultivo es bastante complejo de estimar y dependerá de numerosos factores, incluyendo clima, edad de la planta y cultivar, las condiciones del suelo y las prácticas culturales. El agua también se pierde de la superficie del suelo mediante evaporación, particularmente en los primeros días después de la lluvia o el riego. La transpiración de cultivos y la evaporación del suelo ocurren simultáneamente y no hay una manera fácil de distinguir entre los dos procesos. Por lo tanto, las necesidades de agua de los cultivos se determinan a partir de la combinación de los dos procesos, denominados colectivamente evapotranspiración del cultivo (ET).

De esta manera, la demanda de agua del arándano (ET) depende de las condiciones ambientales que rodean al huerto. Para estimar los requerimientos hídricos, se debe relacionar la información de la planta dada, principalmente, por el coeficiente de cultivo (K_c) y la (ET_0) o evapotranspiración de referencia determinada por una estación meteorológica automática (EMA). El coeficiente de cultivo (K_c) representa la cantidad relativa de agua usada por un cultivo (por ejemplo, arándano) a la utilizada por una pradera con un 100% de cobertura. Por lo tanto, el valor cambiará durante la temporada, a medida que el cultivo transita por los distintos estados fenológicos. Así, la evapotranspiración del cultivo se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$ET_c = ET_0 * K_c$$

Donde:

ET_c es la evapotranspiración del cultivo (mm/día)

ET₀ es la evapotranspiración de referencia (mm/día).

En arándanos, los coeficientes de cultivo aumentan a medida que la copa se desarrolla desde inicio de floración hasta la madurez del fruto y luego se reduce gradualmente en poscosecha hasta la inactividad. El arándano alcanza la cubierta efectiva completa del dosel cuando aparece la primera fruta azul y es en esta etapa que el uso del agua por el arándano es igual 1 (Gráfico 9).

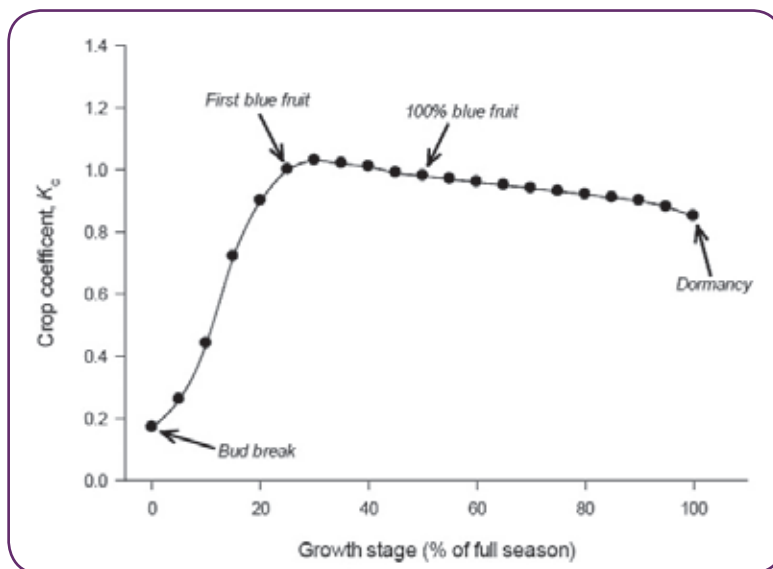


Gráfico 9. Curva de coeficientes de cultivo en arándano según estados fenológicos.

Adaptado, Bryla, 2011. Basada en información meteorológica de la EMAs AgriMet (Pacific Northwest Cooperative Agricultural Weather Network; <http://www.usbr.gov/pn/agrimet/>)

Cuadro 42. Coeficientes de cultivo estimados para huertos adultos, según variedad para cuatro variedades de arándanos.

Estado fenológico	Floración a Término de Cuaja			Pinta a Cosecha			Poscosecha	
	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Duke	0,20	0,60	0,80	1	1	0,9	0,8	0,8
Brigitta	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10	0,90	0,80	0,80
Legacy	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1	0,8	0,8
Elliott	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1	0,8	0,8

Fuente: Adaptación curva Agrimet, Bryla 2011

Al analizar el cuadro 42, es preciso tener en cuenta que estas son estimaciones K_c para plantas de arándanos maduras, sanas y bien irrigadas. Los ajustes a estos valores son necesarios cuando las plantas son jóvenes o estresadas (por ejemplo, deficientes en

nutrientes). Se necesita de manera aproximada, la mitad de agua durante el primer año después del establecimiento, y se necesitan alrededor de dos tercios durante el segundo año. Sin embargo, un 20% adicional por encima de estas cantidades reducidas se recomienda para las nuevas plantaciones cubiertas con cobertex negro, usado para el control y manejo de malezas (Bryla, 2011). El tejido aumenta las temperaturas de las hojas y del suelo y da como resultado un mayor uso del agua de los cultivos. Bajo condiciones de estrés, los regantes deben reducir la cantidad de agua de riego aplicada, pero prestar mucha atención a las condiciones de humedad del suelo para evitar el sobre riego.

En el Cuadro 43 aparecen valores de Kc referenciales, para plantas en los primeros años de establecimiento.

Cuadro 43. Valores referenciales de Kc en Arándanos.

	Valores de Kc mensuales											
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Arándanos 1 año	---	---	---	0,11	0,23	0,31	0,34	0,33	0,28	---	---	---
Arándanos 2 año	---	---	---	0,14	0,32	0,42	0,45	0,42	0,33	---	---	---
Arándanos 3 año	---	---	---	0,21	0,35	0,45	0,49	0,49	0,36	---	---	---

Fuente: Jerez *et al*, 1994.

Otro factor importante a considerar en la programación del riego es el aporte de agua de lluvia. Éstas caen en un período de tiempo determinado y quedan almacenada en el suelo, pero sólo una parte de ellas se encuentra disponible para las plantas, dando origen al concepto de “precipitación efectiva” (Pef). La Pef es considerada como un aporte de agua a las plantas, por lo que se debe descontar del aporte hecho por el agua de riego. Lo anterior, permite optimizar el uso del agua de riego, debido a que se puede regar con menos frecuencia y tiempo. Sin embargo, las lluvias de baja magnitud, casi siempre, no son consideradas como aportes de agua a la zona de raíces porque se pierden de manera rápida por evaporación. Aproximadamente entre 10 a 15 mm de agua de lluvia caída se considera un riego efectivo.

A continuación el cuadro 44 se muestra un resumen de Evapotranspiración de referencia entre los meses de septiembre a abril de la temporada 2014-2015, de las distintas zonas agroecológicas de las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.



Cuadro 44. Evapotranspiración de referencia (ET_0) en distintos áreas agroecológicas de la Región de La Araucanía. Temporada 2014-2015 (mm).

		Precordi- llera	Secano Costero		Secano Interior	Valle central		
Año	Mes	EMA Carillanca	EMA C. Llollinco	EMA Poco- llan	EMA La Provi- dencia	EMA Cuarta Faja	EMA San José	Prome- dio
2014	Agosto	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
2014	Septiembre	1,3	1,4	1,4	1,4	1,3	1,2	1,3
2014	Octubre	2,3	2,5	2,3	2,4	2,3	2,0	2,3
2014	Noviembre	3,0	3,1	2,9	3,1	2,9	2,6	2,9
2014	Diciembre	3,6	3,8	3,4	3,6	3,4	3,2	3,5
2015	Enero	4,3	4,3	3,8	4,2	4,0	3,6	4,0
2015	Febrero	3,4	3,5	3,1	3,4	3,3	2,9	3,3
2015	Marzo	2,4	2,5	2,3	2,5	2,4	2,1	2,3
2015	Abril	0,7	0,7	0,7	1,0	0,7	0,6	0,7

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca.

3.4.3 Elaboración de un programa de riego en arándano

La programación de riego, consiste finalmente en estimar el agua requerida por el cultivo, según se produce el avance en su distinto estado fenológicos, en función de la frecuencia y tiempo de riego adecuado. Lo anterior con el fin de maximizar el rendimiento y asegurar alta calidad y condición en arándanos.

3.4.3.1 *Determinación de tiempo y frecuencia de riego bajo sistemas de irrigación por goteo en arándanos (*).*

Frecuencia de Riego: para definir la frecuencia de riego es necesario hacer un balance entre la demanda de agua del cultivo y el almacén de agua del suelo. Por lo tanto, se requiere determinar:

- 1.- Humedad disponible total de los suelos, para determinar el agua fácilmente aprovechable (AFA)
- 2.- Evapotranspiración del cultivo (ET_c)

(*) Adaptado de Ferreyra y Sellés, 2013. En: *Manual de riego especies frutales INIA. Boletín N°278.*

Así, la frecuencia de riego se puede calcular a través de la siguiente relación:

$$\text{Frecuencia entre riegos (días)} = \text{AFA (mm)} / \text{ETc (mm/día)}$$

Donde:

AFA = Agua Fácilmente Aprovechable (mm) $\text{AFA} = \text{ADT} \times p$.

P = Fracción de agotamiento o umbral de riego de acuerdo al cultivo.

ADTT = Agua Disponible total.

Tiempo de Riego: cantidad de agua a aplicar. El tiempo de riego corresponde a las horas que debe operar cada sector del equipo de riego para suplir la ETc del cultivo. En zonas de lluvia se debe considerar la magnitud de las precipitaciones, ya que parte de las necesidades de agua del cultivo serán suplidas por éstas. El tiempo de riego requerido necesario para suplir los requerimientos de riego del cultivo debe considerar la evapotranspiración del cultivo, la precipitación efectiva y la intensidad de precipitación del equipo de riego, de acuerdo a la siguiente relación:

$$(\text{Tr}) = \text{NB} / \text{IPP}$$

Donde:

Tr = tiempo de riego en horas/día.

NB = requerimiento de riego del cultivo o necesidades brutas (mm/día).

NB = $(\text{ETc} - \text{pef}) / (K)$. Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Pef = precipitación efectiva (mm).

K = EFA; $K = (1 - \text{FL})$; se usa el menor valor de K. Cuando $\text{ETc} = \text{EFA}$. La Eficiencia de aplicación del método de riego es un 100%.

FL = fracción de lavado de sales.

IPP = Intensidad de precipitación del equipo (mm/h).

IPP = $q_a \times N_e / 10.000$

q_a = caudal emisor (l/h).

N_e = número de emisores por hectárea.

Dada la relevancia que adquiere la descarga de los emisores en la determinación del tiempo de riego, es muy importante realizar evaluaciones periódicas del caudal de los emisores. El tiempo de riego se puede calcular como horas de riego por día. Sin embargo, dependiendo del agua fácilmente aprovechable (AFA), la frecuencia de riego puede ser más distanciada. En el caso de riegos de baja frecuencia, el tiempo de riego se obtiene multiplicando el tiempo de riego diario (hrs/día) por la frecuencia de riego (días).

3.4.3.2 Ejemplos de programas de riego en arándano para distintas áreas agroecológicas del Sur de Chile

En los cuadros siguientes se muestran ejemplos de programas de riego en arándanos en función de registros promedios de suelo y zonas agroecológicas, a objeto que el productor pueda tener un patrón de comparación y afine sus programas en función de su realidad local.

Cuadro 45. Programa mensual de riego aproximado para el cultivar Duke, en el secano interior de la Región de La Araucanía.

Secano Interior	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET0 (mm/día)	0,8	1,4	2,4	3,1	3,6	4,2	3,4	2,5	1,0
(Kc) Duke	0,2	0,20	0,60	0,80	1	1	0,9	0,8	0,8
Etc mm/día (Et0xkc)	0,16	0,28	1,42	2,49	3,64	4,24	3,08	1,96	0,80
Etc (mm/semana)	1,12	1,95	9,95	17,40	25,49	29,67	21,56	13,73	5,60
Etc (mm/mes)	5,0	8,3	44,0	74,6	112,9	131,4	86,2	60,8	24,8
pp (mm/mes)	71,1	89,4	47,8	10,5	13,0	0,1	0,0	1,0	0,0
pp efec/mes (pp*0,6)	42,66	53,64	28,68	6,3	7,8	0,06	0	0,6	0
NN (mm/mes) (Etc-ppefc)	0,0	0,0	15,4	68,3	105,1	131,3	86,2	60,2	24,8
Efa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
NB mm/mes (NN/Efa)	0	0	17,07	75,84	116,78	145,93	95,82	66,89	27,56
NB mm/día	0	0	0,57	2,53	3,77	4,71	3,42	2,2	0,9
IPP (mm/h) (2lt/h x 6.666 E)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
AFA (mm)	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Frecuencia de Riego (días)	0	0	11	6	4	4	5	8	19
N° Riegos por mes	0	0	3	5	7	8	6	4	2
T riego (h)	0	0	13	13	13	13	13	13	13
Q L/s/ha	0	0	0,07	0,29	0,44	0,54	0,40	0,25	0,10

Q=NB*10.000/24/3600

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

Cuadro 46. Programa mensual de riego aproximado para el cultivar Brigitta, en la precordillera de la Región de La Araucanía.

Precordillera	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET0 (mm/día)	0,8	1,3	2,3	3,0	3,6	4,3	3,4	2,4	0,7
(Kc) Brigitta	0,2	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10	0,90	0,80	0,80
Etc mm/día (Et0Kc)	0,15	0,27	0,94	1,82	2,91	4,76	3,09	1,92	0,56
Etc (mm/semana)	1,06	1,87	6,57	12,76	20,34	33,34	21,61	13,46	3,92
Etc (mm/mes)	4,7	8,0	29,1	54,7	90,1	147,7	86,4	59,6	17,4
pp (mm/mes)	118,4	109,4	57,0	24,7	26,0	0,3	0,0	2,9	4,4
pp efec/mes (pp*0,6)	71,04	65,64	34,2	14,82	15,6	0,18	0	1,74	2,64
NN (mm/mes) (Etc-ppetc)	0	0	0	39,8	74,5	147,5	86,4	57,9	14,7
Efa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
NB mm/mes (NN/Efa)	0	0	0	44,27	82,76	163,86	96,03	64,30	16,36
NB mm/día	0	0	0	1,48	2,67	5,29	3,43	2,1	0,5
IPP (mm/h) (2lt/h x 6,666 E)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
AFA (mm)	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Frecuencia de Riego (días)	0	0	0	7	4	3	4	6	21
N° Riegos por mes	0	0	0	5	7	12	8	5	1
T riego (h)	0	0	0	10	10	10	10	10	10
Q L/s/ha	0	0	0	0,17	0,31	0,61	0,40	0,24	0,06

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

Cuadro 47. Programa mensual de riego aproximado para el cultivar Legacy, en el Valle central de la Región de La Araucanía.

Valle Central	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET0 (mm/día)	0,8	1,3	2,3	2,9	3,4	4,0	3,3	2,4	0,7
(Kc) Legacy	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1	0,8	0,8
Etc mm/día (Eto×Kc)	0,16	0,27	0,93	1,72	2,70	3,96	3,27	1,89	0,56
Etc (mm/semana)	1,11	1,88	6,51	12,04	18,90	27,75	22,87	13,26	3,92
Etc (mm/mes)	4,9	8,1	28,8	51,6	83,7	122,9	91,5	58,7	17,4
pp (mm/mes)	71,1	89,4	47,8	10,5	13,0	0,1	0,0	1,0	0,0
pp efec/mes (pp*0,6)	42,66	53,64	28,68	6,3	7,8	0,06	0	0,6	0
NN (mm/mes) (Etc-ppefc)	0	0	0,2	45,3	75,9	122,8	91,5	58,1	17,4
Efa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
NB mm/mes (NN/Efa)	0	0	0,18	50,33	84,31	136,49	101,63	64,58	19,29
NB mm/día	0	0	0,01	1,68	2,72	4,40	3,63	2,1	0,6
IPP (mm/h) (2lt/h x 6.666 E)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
AFA (mm)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Frecuencia de Riego (días)	0	0	19	10	7	5	6	10	32
N° Riegos por mes	0	0	2	3	4	7	5	3	1
T riego (h)	0	0	15	15	15	15	15	15	15
Q L/s/ha	0	0	0,001	0,19	0,31	0,51	0,42	0,24	0,07

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carilanca

Cuadro 48. Programa mensual de riego aproximado para el cultivar Elliot, en la zona de Remehue, Región de Los Lagos.

Remehue	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
ET0 (mm/día)	0,63	1,04	1,60	2,37	3,62	4,07	3,21	2,18	1,00
(Kc) Elliot	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	1	0,8	0,8
Etc mm/día (ET0Kc)	0,13	0,21	0,64	1,42	2,90	3,66	3,21	1,75	0,80
Etc (mm/semana)	0,89	1,46	4,48	9,95	20,27	25,63	22,50	12,23	5,60
Etc (mm/mes)	3,9	6,3	19,8	42,7	89,8	113,5	90,0	54,2	24,8
pp (mm/mes)	141,8	184,6	69,4	31,1	15,4	2	3,6	16,4	16,7
pp efec/mes (pp*0,6)	85,08	110,76	41,64	18,66	9,24	1,2	2,16	9,84	10,02
NN (mm/mes) (Etc-ppetf)	0,0	0,0	0,0	24,0	80,5	112,3	87,9	44,3	14,8
Efa	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
NB mm/mes (NN/Efa)	0	0	0,00	26,67	89,47	124,77	97,62	49,24	16,42
NB mm/día	0	0	0,00	0,89	2,89	4,02	3,49	1,6	0,5
IPP (mm/h) (2lt/h x 6,666 E)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
AFA (mm)	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Frecuencia de Riego (días)	0	0	0	9	4	4	4	7	16
N° Riegos por mes	0	0	0	3	7	8	7	4	2
T riego (h)	0	0	0	11	11	11	11	11	11
Q L/s/ha	0	0	0	0,10	0,33	0,47	0,40	0,18	0,06

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carilanca

3.5 L Literatura citada

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. & Smith, M. 1998 Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Food and Agriculture Organization of the United Nations Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy

Bryla, D.R. & Strik, B.C. 2006 Variation in plant and soil water relations among irrigated blueberry cultivars planted at two distinct in-row spacings. *Acta Horticulturae* (715): 295-300.

Bryla, D.R. & Strik, B.C. 2007 Effects of cultivar and plant spacing on the seasonal water requirements of highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, (132): 270-277.

Bryla, D.R. 2011. Crop Evapotranspiration and Irrigation Scheduling in Blueberry. David R. Bryla U.S. ISBN 978-953-307-512-9 Department of Agriculture, Agricultural Research Service USA. Gerosa Giacomo. En: *Evapotranspiration - From Measurements to Agricultural and Environmental Applications*.

Bryla, D. R., Strik, B. E. 2005. Water requirements of highbush blueberry planted at normal and high density spacings. *Hort Science*, (40): 1058-1059.

Bryla, D.R, Gartung, J.L. & Strik, B.C. 2011. Evaluation of irrigation methods for highbush blueberry—I. Growth and water requirements of young plants. *HortScience* (46): 95-101.

Bryla, David. 2015. Irrigation schedulling: When where, and how much. p.63-67-. In Oregon University. Osu Blueberry School March 16-17, 2015 Corvallis, Oregon. USA.

France, 2012. Manejo de enfermedades de importancia en arándano. On line: http://www.fdf.cl/biblioteca/presentaciones/2012/05_arandanos/presentaci%C3%B3n%20Andres%20France.pdf

Ferreyyra, R y Sellés, G 2013. Manual de Riego para especies frutales: uUso eficiente del agua de riego y estrategias para enfrentar períodos de escasez, 320 p. Boletín INIA –N° 278. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA La Cruz. Quillota, Chile.

Holzapfel, E.A., Hepp, R.F. & Mariño M.A. 2004. Effect of irrigation on fruit production in blueberry. *Agricultural Water Management*, (67): 173-184.

Hirzel, J. 2008. Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. 296 p. Colección Libros INIA N° 24. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional INIA Quilamapu. Chillán, Chile.

Jerez, J., Sandoval, J., Peralta, J., Gallardo, I., Ferreyra, R. y E. Vargas. 1994. Manual de riego para el sur de Chile. 151p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Corporación de Fomento de la Producción. Temuco, Chile.

Pinochet, D., Artacho., D y Maraboli., A 2014. Manual de fertilización de arándanos cultivados en el sur de Chile. 67 p. Proyecto FIA-UACH PYT 2009-0080. Valdivia Chile.

Pinochet, D., Maraboli, A., y P. Artacho. 2011. Determinación de niveles críticos de nutrientes y de acidez, establecidos en suelos volcánicos para arándanos cultivados en el sur de Chile. 125 p. Libro resumen del 62º Congreso Agronómico de Chile. Universidad Arturo Prat del Estado de Chile. Iquique, Chile.

Retamales, J., & Hancock, J. 2012. Blueberries Crop Production science in Horticulture series: N°. 21. CABI International.

Strik, B., Hart, J. & L. White, 2006. Blueberry Nutrient Management. Oregon State University. <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em8918>

Turner, Neil. 1986, Crop water deficits: a decade of progress. Advances in agronomy. 39:1-59.

Vidal, 2007. Fertirriego en Berries. 15 p. Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. Chile.

Vidal, 2012. Nutrición del arándano enfocado a la calidad de fruta. En: Seminario INIA-CORFO. "Transferencia de tecnología para mejorar calidad y condición de fruta". On line: <http://documentslide.com/documents/1-nutricion-del-arandano-enfocado-a-la-calidad-de-fruta-ivan-vidal-p.html>

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DE VALIDACIÓN Y ADOPCIÓN DE PUNTOS DE CHEQUEO CROPCHECK ARÁNDANOS

Autor: Abel González Gelves, Plataforma Frutícola
INIA Carillanca

4.1 Materiales y métodos

4.1.1 Unidad Cropcheck

Fueron establecidas 26 unidades de trabajo y evaluación. Cada unidad correspondió a un cuartel representativo del huerto, provista de sistema de fertirriego, sobre una variedad representativa del huerto. Como se muestra en el Cuadro 49 en total se evaluó una superficie total de 32 ha, que incluyeron las variedades Brigitta, Duke, Elliot y Legacy.

Cuadro 49. Distribución geográfica, superficie y variedades en estudio de las unidades Cropcheck.

Región / Zona Agroecológica	N°Unidades	Brigitta (ha)	Duke (ha)	Elliot (ha)	Legacy (ha)	Total general (ha)
La Araucanía	15	8,11	2,4	5,65	4,59	20,75
Secano Interior	2	1,14	1			2,14
Valle Central Norte	1	1,5				1,5
Valle Central Sur	6	2,82	0,7	5,65	1,84	11,01
Secano Costero	1		0,7			0,7
Precordillera	5	2,65			2,75	5,4
Los Ríos	8	1,61		2,38	1,38	5,37
Huichaco	3	1,3		0,5		1,8
Itropulli	2	0,31			1,38	1,69
Remehue Norte	1			0,5		0,5
Remehue Sur	2			1,38		1,38
Los Lagos	3			2,5	3,41	5,91
Remehue Sur	3			2,5	3,41	5,91
Total general	26	9,72	2,4	10,53	9,38	32,03

4.1.2 Ponderación de los puntos de chequeo

Durante la temporada 2014-2015, y a partir de caída de hojas hasta cosecha, se dió inicio a un programa de transferencia de buenas prácticas del cultivo para los puntos de chequeo (1) Carga frutal, (2) Período de resguardo *Botrytis* (3) Nutrición (4) Riego de la unidades Cropcheck. En forma paralela y a medida que se sucedieron los estados fenológicos y las prácticas de manejo ejecutadas por los productores, se realizó un programa de monitoreo de las unidades en estudio. Esta actividad fue ejecutada por profesionales entrenados, los cuales evaluaron para cada unidad los siguientes puntos de chequeo:

(1) Regulación de carga frutal

Ponderadores punto de chequeo poda

1.- Poda Sugerida: consideró aquellos casos donde el número de yemas contadas post poda estaba dentro del rango recomendado por el programa Cropcheck. El rango de desviación fue de más menos 10% de lo recomendado.

2.-Poda Fuerte: considera aquellos casos donde la regulación de la carga frutal según variedad, no alcanzó la meta estimada por el productor, quedando con menos yemas de las requeridas para lograr el objetivo del punto de chequeo.

Cuadro 50. Ponderación punto de chequeo poda fuerte

Conteo de yemas dejadas en relación a estimación (%)	Descuento	Cumplimiento Meta
1% a 10% menos	0%	100%
11% a 20% menos	5%	95%
21% a 50% menos	20%	80%

3.- Poda débil: considera aquellos casos donde la regulación de la carga frutal según variedad, excedió la meta estimada por el productor, quedando con un mayor número de yemas de las requeridas para lograr el objetivo del punto de chequeo.

Cuadro 51. Ponderación punto de chequeo poda débil

Conteo de yemas dejadas en relación a estimación (%)	Descuento	Cumplimiento Meta
1% a 10% más	0%	100%
11% a 20% más	-25%	75%
21% a 29% más	-35%	65%
30% a 50% más	-50%	50%



(2) Nutrición

Ponderación punto de chequeo nutrición

Los criterios de ponderación fueron desarrollados en función del grado de cumplimiento de la recomendación técnica específica elaborada para cada una de las unidades Cropcheck en estudio. De esta manera, aquellos productores Cropcheck que realizan la aplicación de los fertilizantes, dosis y épocas de aplicación recomendadas se les asignó un 100% de cumplimiento de la meta. No obstante, el objetivo de este punto de chequeo es evaluar cómo influye sobre el rendimiento, la calidad y condición de fruta la aplicación de dosis adecuadas de nutrientes y de qué manera los desvíos afectan dichos parámetros en arándanos.

De esta manera fueron elaboradas categorías de dosis baja, propuesta y dosis alta. De lo anterior, y de acuerdo al grado de cumplimiento de las dosis de mantención recomendadas para los macronutrientes Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Azufre. En el Cuadro 52 se muestran las categorías y los rangos de cada subcategorías, y los porcentaje de descuento a aplicar en cada una de ellas.

Cuadro 52. Criterios de ponderación general. Punto de chequeo nutrición.

Categoría	Rango	Descuento				
		Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Azufre
Dosis Baja	50% o menos	50%	50%	50%	50%	50%
	49%-21%	30%	30%	30%	30%	30%
	20%-11%	20%	20%	20%	20%	20%
Dosis Propuesta	Más o Menos 10%	0%	0%	0%	0%	0%
Dosis Alta	11%-20%	20%	20%	20%	20%	20%
	21-49%	30%	30%	30%	30%	30%
	50% o más	50%	50%	50%	50%	50%
PONDERACIÓN GENERAL						

(3) Período de protección a *Botrytis*

Ponderación punto de cheque *Botrytis*

En cada unidad Cropcheck, se determinó la extensión (días) del período de floración. En función del número de aplicaciones y efecto residual promedio de los productos aplicados durante el período, se determinó la categoría con el período de no resguardo de la flor, que corresponde a un porcentaje de los días de no resguardo respecto a la extensión del período de floración.

Cuadro 53. Ponderación punto de chequeo resguardo a *Botrytis*.

En floración	Periodo de resguardo de la flor (%)	Promedio cumplimiento punto chequeo (%)
Resguardo Alto	>80%	100%
Resguardo Bajo	>50% <80%	50%
Resguardo Medio	>50%	25%

(4) Riego

Criterios de ponderación punto de chequeo riego.

Los criterios de ponderación fueron desarrollados en función de la metodología de programación de riego transferida. Cada productor, en función de sus condiciones climáticas y de suelo, determinó la frecuencia y tiempo de riego para la unidad Cropcheck para cada mes de evaluación. En función del agua aplicada y el balance hídrico desarrollado a *posteriori* por parte del equipo técnico para cada unidad, fueron establecidas las siguientes categorías:

Cuadro 54. Ponderación punto de chequeo riego.

Categoría	Rango	Descuento (%)
Bajo-Riego	50% o menos	50%
	49%-21%	30%
	20%-11%	20%
Riego	Más o Menos 10%	0%
Sobre-Riego	11%-20%	20%
	21-49%	30%
	50% o más	50%
		PONDERACIÓN GENERAL

4.1.3 Evaluaciones

- **Análisis químico de suelo:** fueron tomadas muestras de suelo a cada una de las 26 unidades cropcheck definidas, a una profundidad de 30 cm. Lo anterior con el fin de realizar en laboratorio, análisis químico de suelo completo, con parámetros de acidez, macro y micronutrientes.



- **Análisis foliar:** en el mes de enero del año 2015 y en forma paralela a la cosecha de fruta se tomaron muestras de hojas, constituyentes del tercio medio de brotes del año, con el objetivo de evaluar en contenido de macro y micronutrientes en las hojas para cada una de las 26 unidades en estudio.

-**Análisis de contenido de nutrientes en el fruto:** una vez realizado el secado de frutos cosechados, se procedió a enviar muestras para determinación de concentración de macro y micronutrientes al interior de los frutos.

-**Determinación de rendimiento unidades cropcheck:** se determinó para cada unidad Cropcheck la producción total de fruta del huerto, a partir de los registros de cosecha del productor. Posteriormente se hizo la conversión a rendimiento (kg/ha), de cada una de las 26 unidades en estudio.

Evaluación de parámetros de calidad y condición en poscosecha

a) Evaluaciones: para cada una de las 26 unidades Cropcheck fueron realizadas las siguientes evaluaciones generales:

1.- Cosecha: determinaciones de calidad y condición, realizadas inmediatamente después de cosecha al día 0.

2.-Salida de frío a 30 días: determinaciones de calidad y condición a los 30 días de mantención de la fruta en cámara de frío a 4 °C.

3.- Shell life 30 + 2 días: determinaciones de calidad y condición a 3 días de haber mantenido la fruta a temperatura ambiente, luego de ocurridos 30 de días en cámara de frío.

4.- Shell life 45 días: determinaciones de calidad y condición a los 45 días de mantención de la fruta en cámara de frío a 4 °C.

5.- Shell life 45 + 2 días: determinaciones de calidad y condición a 3 días de haber mantenido la fruta a temperatura ambiente, luego haber transcurridos 45 de días de almacenamiento en cámara de frío.



b) Evaluaciones específicas. En el cuadro siguiente se presentan las evaluaciones de calidad y condición de fruta en poscosecha

Cuadro 55. Evaluaciones de calidad y condición de fruta en post-cosecha.

Categoría	(1) Evaluación a cosecha	(2) Salida frío 30 días	(3) Shell life 30 días	(4) Salida frío 45 días	(5) Shell life 45 días
Calidad	Desgarro Pedicelar (gr)	✓		✓	
Calidad	Fruto Rojo (gr)	✓		✓	
Calidad	Calibre (mm)				
Condición	Peso Fruta (gr)	✓	✓	✓	✓
Condición	Pudriciones (gr)	✓	✓	✓	✓
Condición	Hongos (gr)	✓	✓	✓	✓
Condición	Daño Mecánico (gr)	✓		✓	
Condición	Deshidratación (gr)	✓	✓	✓	✓
Condición	Firmeza al tacto	✓	✓	✓	✓
Condición	Firmtech (gr*mm ⁻¹)	✓	✓	✓	✓
Condición	Condición de pulpa	✓		✓	
Condición	Sólidos solubles (° Brix)	✓		✓	
Condición	Acidez titulable (%)	✓	✓	✓	✓
Condición	Nota apariencia (1 - 3)	✓		✓	

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

4.2 Resultados

4.2.1 Influencia de las condiciones climáticas sobre el rendimiento de las unidades Cropcheck

A continuación en Cuadro 56 se presenta el rendimiento estimado de las 26 unidades cropcheck. La información está resumida por región y área agroecológica durante las temporadas 2013-2014 y 2014-2015. Esta última temporada fue aplicada la metodología Cropcheck.



Cuadro 56. Rendimiento (kg/ha) unidad cropcheck, promedio región y zona agroecológica.

Promedio de Rendimiento Unidad Cropcheck (kg/ha)	2013-2014 (Sin Cropcheck)	2014-2015 (Cropcheck)
La Araucanía	12.050	10.710
Secano Interior	12.096	13.210
Valle Central Norte	10.733	10.320
Valle Central Sur	11.451	9.706
Secano Costero	12.857	10.000
Precordillera	12.732	10.933
Los Ríos	11.978	8.921
Huichaco	10.943	10.458
Itropulli	13.716	10.432
Remehue Norte	14.000	10.795
Los Lagos	8.875	8.805
Remehue Sur	8.875	8.805
Promedio de Rendimiento Unidad Cropcheck (kg/ha)	10.968	9.479

Al analizar el Cuadro 56 es posible observar que existen diferencias de productividad entre ambas temporadas, con una tendencia a disminuir el rendimiento durante la temporada 2014-2015, coincidiendo con la aplicación de la metodología Cropcheck. Lo anterior, se hace evidente en el valle central sur y precordilera de La Araucanía. Del mismo modo, en Itropulli, Región de los Ríos y Remehue Norte, en Los Lagos.

Con el fin de conocer las causas de dicha baja de rendimiento en las unidades pertenecientes a las zonas agroclimáticas mencionadas, se realiza un análisis de componentes principales (PCA), con las variables climáticas y rendimiento, y con ello determinar si el clima influyó o no en la abrupta caída de rendimiento.

A continuación en el Gráfico 10, se presenta un Biplot, que da cuenta de los principales parámetros climáticos y su influencia sobre el rendimiento.

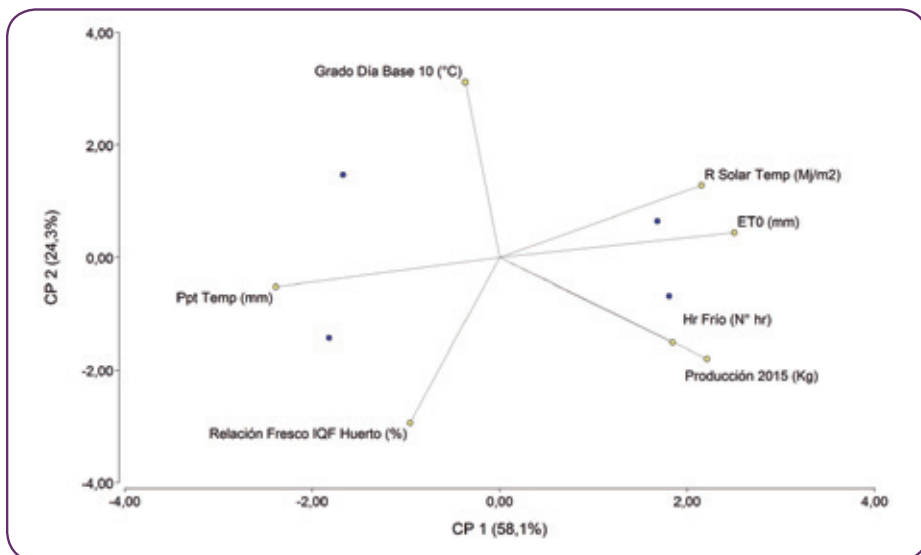


Gráfico 10. ACP entre variables climáticas y el rendimiento de las unidades Cropcheck.

Como se observa, la componente principal 1 explica más de un 50% de la variabilidad, lo cual muestra alta asociación entre variables.

Al analizar los polos entre variables rendimiento y precipitaciones éstos son opuestos, lo que implica una correlación negativa, es decir, el incremento de las precipitaciones puede producir caídas de la productividad.

En el Cuadro 57 se muestra que la correlación es alta (72%) y muy significativa ($p < 0,05$) entre lluvia y caída de rendimiento. Las demás variables no presentan altas correlaciones, por lo que no influyeron directamente sobre la caída de rendimiento.

Cuadro 57. Análisis de correlación múltiple entre el rendimiento y las variables climáticas de las 26 unidades Cropcheck.

Variable(1)	Variable(2)	N	Pearson	p-valor
Producción Huerto (kg)	Relación Fresco IQF Huerto (%)	24	-4%	0,8437
Producción Huerto (kg)	Precipitación acumulada (mm)	24	-72%	0,0001
Producción Huerto (kg)	Radiación Solar (Mj/m ²)	24	4%	0,8562
Producción Huerto (kg)	ET ₀ (mm)	24	0%	0,9886
Producción Huerto (kg)	Horas Frío (base 7°C)	24	10%	0,6301
Producción Huerto (kg)	Grados Días (Base 10°C)	24	3%	0,9046

Si bien es necesario tener claridad respecto a la influencia de las lluvias en el rendimiento, más interesante aún es determinar en qué estado fenológico las precipitaciones producen merma significativa de la variable rendimiento. Cabe señalar que la rentabilidad de un huerto está estrechamente ligada a la caída de rendimiento, por lo tanto, ahondar en las causas permite tomar medidas de mitigación y pueden definir el éxito o fracaso de una temporada de producción.

A continuación, se realiza un análisis de caída de precipitaciones en el período de mayor vulnerabilidad como lo es floración. Como fue mencionado en los capítulos anteriores, la extensión de este período es variable y tiene relación directa con la variedad y zona edafoclimática. Por lo tanto, aquellas variedades de floración más larga, evidentemente son más susceptibles a eventos climáticos.

En el Cuadro 58 se muestra el resultado del análisis comparativo que hace un cruce entre las variables rendimiento de ambas temporadas, el porcentaje (%) de yemas cuajadas (temporada 2015) y la precipitación acumulada en floración.

Gráfico 58. Efecto de las precipitaciones en período de floración y su impacto sobre la productividad de las 26 unidades Cropcheck en estudio.

Zona/Región Agroecológica	Superficie Total Predio Plantación (ha)	Producción 2013-2014 (kg)	Producción 2014-2015 (kg)	%	yemas Cuajadas %	Ppt en flor (mm)	
La Araucanía	253	2.273.749	2.284.349		2015	2014	2015
Secano Costero	46	292.813	324.709	111%	76%	59	142
Secano Interior	128	1.349.037	1.467.346	109%	62%	42,6	54,6
Valle central	80	631.899	492.294	78%	60%	77	177
Los Ríos	101	720.429	634.378				
Huichaco	32	185.300	211.393	114%	65%	122	28,1
Itropulli	51	423.629	360.985	85%	54%	232	283
Remehue Norte	17	111.500	62.000	56%	54%	-	161
Los Lagos	26	121.423	92.298	76%			
Remehue Sur	26	121.423	92.298	76%	54%	153	254,6
Total general	380	3.115.601	3.011.025				

Como se muestra en el Cuadro 58, las caídas abruptas del rendimiento ocurren en aquellas zonas donde la precipitación acumulada se incrementa significativamente entre las temporadas 2014 y 2015. A excepción de lo que ocurre en el secano costero, donde el incremento de precipitaciones no provocó una caída abrupta del rendimiento, contrariamente, se incrementa. Lo anterior permite concluir que existen momentos específicos a lo largo del período en que el arándano se hace vulnerable a las precipitaciones.

Lo anterior queda en evidencia en el Cuadro 59 donde se muestra en detalle los diferentes estados de floración del cultivo y la ocurrencia de precipitación acumulada en las diferentes zonas agroclimáticas donde fueron analizadas las unidades Cropcheck.

Cuadro 59. Efecto de las precipitaciones según estado de floración de las 26 unidades Cropcheck distribuidas desde las regiones de La Araucanía a Los Lagos.

	Araucanía			Los Ríos		Los Lagos
Precipitación Acumulada (mm)	Secano Costero	Secano Interior	Valle central	Itropulli	Remehue Norte	Remehue Sur
Período	Pocollan	La Provi- dencia	Cuarta Faja	Lago Ver- de	Palermo	Remehue
Inicio de Floración	105,6	1,1	88,4	88,9	70,7	103,6
30 % Floración	3,3	16,1	30,4	43,9	42,7	11,7
60 % Floración	26,4	9,2	52,4	83	36,4	76,6
90 % Floración	7,3	28,2	6,4	67,5	11,4	62,7
Total general	142,6	54,6	177,6	283,3	161,2	254,6

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

Del Cuadro 59 se desprende que la distribución y frecuencia de las precipitaciones en floración, periodo más vulnerable, son los indicadores que determinan las caídas abruptas de rendimiento. Así, en el secano costero, si bien cayeron 142,6 mm -un 200% más que la temporada anterior- no se producen caídas abruptas del rendimiento, dado que dos tercios (2/3) del agua caída ocurrió a inicio de floración, período de menor vulnerabilidad. A diferencia de aquellas zonas edafoclimáticas donde en floración cayeron 150 mm de agua, estas fueron distribuidas en más de un 50% en plena floración.

Al analizar la extensión del período de floración de los huertos, es posible observar que en el sur de Chile, dicho estado se inicia desde mediados de septiembre y se extiende por períodos de hasta 65 días, a medida que se avanza en latitud (Cuadro 60).

Por lo tanto, la probabilidad de precipitación en períodos de floración es muy alta. Por su parte, las variedades en estudio son aún más vulnerables en la medida que se avanza en latitud y del mismo modo muestran calendarios de floración más largos, tal es el caso de Briggita, Legacy y Elliot.

Cuadro 60. Duración de los periodos de floración (días) en las distintas áreas agroclimáticas del sur de Chile.

	La Araucanía			Los Ríos		Los Lagos
	Secano Costero	Secano Interior	Valle central	Itropulli	Remehue	Remehue
Estado reproductivo	Pocollan	La Providencia	Cuarta Faja	Lago Verde	Norte	Sur
Inicio de Floración	14	7	14	14	14	14
30 % Floración	7	7	13	13	14	7
60 % Floración	14	7	15	15	14	21
90 % Floración	7	14	7	14	14	21
Total general	42	35	49	56	56	63

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

En conclusión, en el sur de Chile el rendimiento de variedades en estudio es muy vulnerable y dependiente de la fluctuación de precipitaciones de cada temporada. De esta forma fue posible observar que caídas de precipitaciones mayores a 75 mm en pleno estado de floración provocó una fuerte caída en el número de yemas cuajadas. Los rendimientos cayeron en un 45%, respecto al año anterior, lo que sin duda produjo pérdidas significativas en la rentabilidad de los huertos.

En dicho escenario, es pertinente que a nivel de industria sea analizada en serio la configuración de variedades en cada huerto. Más aún, cuando el diagnóstico de los 26 huertos en estudio muestran que más del 80% de la superficie está constituida por variedades de floración larga, por lo tanto de alta vulnerabilidad. En este sentido, es necesario considerar estudios de validación de nuevas variedades de arándanos, que incluyan la determinación clara y precisa del comportamiento fenológico de la variedad en cada zona agroclimática.

En tal sentido, para que una nueva variedad pueda expresar el potencial genético, deberá adecuarse a las condiciones climáticas del sur de Chile, no solo en lo referente a parámetros térmicos. De esta manera, y a la luz de los resultados obtenidos, una variedad de alto nivel productivo, se expresará en todo su potencial, siempre y cuando

presente floraciones tardías y con ello disminuya su vulnerabilidad, cuya extensión del período no supere los 30 días. Esto va en línea con cosechas concentradas y de alta productividad de mano de obra, al contener más fruta por cada cosecha. De lo contrario, será necesario evaluar la pertinencia de usar tecnologías de protección de cultivos y con ello disminuir los riesgos climáticos propios del sur de Chile.

4.2.2 Adopción de los puntos de chequeo y su impacto sobre el rendimiento

Si bien las condiciones climáticas (precipitaciones), fueron determinantes en los resultados productivos de las unidades Cropcheck en estudio, hubo zonas edafo-climáticas en las cuales las precipitaciones no ocurrieron en períodos vulnerables de floración. Así, el rendimiento de las unidades en evaluación no se vieron afectadas en términos productivos (Cuadro 58).

Por el contrario, en el secano costero y secano interior de la Región de La Araucanía, y en Huichaco, en La Región de los Ríos, fue posible apreciar incrementos productivos respecto a la temporada anterior. En base a lo expuesto y con el objetivo de evaluar el efecto sobre el rendimiento de la aplicación de la metodología Cropcheck y validar las mejores prácticas de cultivo transferidas (puntos de chequeo) y ejecutadas por parte de los productores, se realizó un análisis de regresión múltiple. Esto con el fin de obtener regresiones que permitan predecir el comportamiento del rendimiento, utilizando como variables regresoras los ponderadores de poda, tiempo sin resguardo contra *Botrytis*, fertilización y riego.

La ecuación lineal obtenida como producto del análisis de regresión fue:

$$(Ec1) Y_{predicho} = -6.886,1 + 16.065 \times PC_{poda} - 2130 \times PC_{Botritis} - 4.446 \times PCK + 1.536 \times PCN - 3321 \times PCMg - 23,2 \times PCP + 517,1 \times PCCa + 3669 \times PCS + 2233 \times PCR_{iego}$$

$$(Ec2) Y_{observado} = 0,4657 \times Y_{predicho} + 5621$$

PC: Ponderador punto de chequeo.

Ec: N° ecuación

Los resultados de las correlaciones del modelo indican que en el caso de rendimiento no es significativa, mostrando un valor p de 0,5145, mientras que el R^2 fue de 46,6% (Gráfico 11).



Gráfico 11. Análisis de regresión entre rendimiento estimado y rendimiento observado.

En función de los resultados obtenidos, no es posible validar el protocolo Cropcheck aplicado por parte de los productores, en relación al componente rendimiento. Lo anterior, dado que la correlación entre lo estimado por el modelo de regresión y la nube de puntos del rendimiento observado en terreno fue baja y no significativa.

Es posible señalar entonces, que si bien existe un grado de asociación del orden de un 50% entre los ponderadores que dan cuenta de la aplicación de los puntos de chequeo, la aplicación del protocolo Cropcheck por sí mismo no explica en términos significativos y precisos la variable rendimiento. De esta manera, aquellos productores ubicados en niveles de productividad alto y que aplicaron parcial o totalmente el protocolo Cropcheck, el modelo sobrestima el rendimiento alcanzado, por lo que se observa que existe un grado de variabilidad que no es explicado por la aplicación del manejo indicado. Por el contrario, aquellos productores de bajo nivel productivo y que no aplicaron en un 100% del protocolo, el modelo encontrado subestima el rendimiento alcanzado (Cuadro 61).

Luego de una temporada de aplicación del protocolo Cropcheck es posible señalar que la componente rendimiento, no es solo causa del manejo aplicado, sino que existen otras variables que ayudarían a explicar en forma más precisa este importante componente. Por lo tanto, queda en evidencia que influir sobre el rendimiento de un huerto de arándanos, no es simple, ni responde solo a una variable, ni tampoco es posible predecirlo a partir de una temporada a otra, por el contrario, es complejo y tiene un origen multifactorial.

Cuadro 61. Nivel de adopción de puntos de chequeo y su correlación entre lo predicho por los ponderadores cropcheck y lo observado en campo.

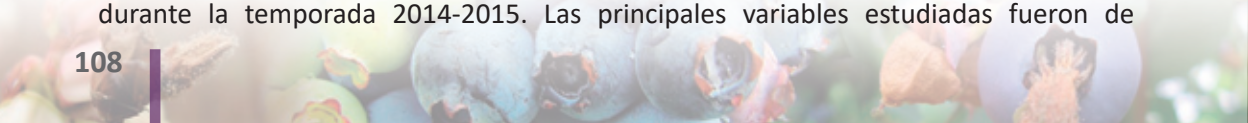
Categoría Rendimiento	N° Productores	Rdto Predicho (kg/ha)	Rdto Observado (kg/ha)	Punto de Chequeo Poda	Punto de Chequeo: Periodo de No Resguardo en Floración	Punto de Chequeo Nutrición						Punto de Chequeo Riego
						Dosis de Fósforo	Dosis de Magnesio	Dosis de Potasio	Dosis de Nitrógeno	Dosis de Calcio	Dosis Azúfre	
Bajo	5	5.002	7.950	Poda Sugerida	Resguardo Bajo	Dosis Baja	Dosis Alta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Alta	Dosis Propuesta	Dosis Alta
Medio-Bajo	12	8.398	9.532	Poda Sugerida	Resguardo Medio	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Propuesta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Alta
Medio-Alto	9	23.033	16.348	Poda Sugerida	Resguardo Medio	Dosis Propuesta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Alta

Fuente: Plataforma Frutícola INIA Carillanca

4.2.3 Relación entre variables de pre-cosecha y su influencia sobre el rendimiento

Se realizó un análisis con el fin de discriminar aquellas variables que en forma complementaria a las buenas prácticas de manejo implementadas, influenciaron el rendimiento de los huertos. El análisis fue realizado sobre una base de datos compuesta por 236 variables recopiladas, que incluyeron factores de clima, suelo, y manejo en pre-cosecha, perteneciente a las 26 unidades Cropcheck. Para analizar dicho volumen de información recopilada se utilizó el programa R, perteneciente a la plataforma INFOSTAT. El método de análisis de datos utilizado, corresponde a un análisis multivariado (AM), el cual permite explorar, describir e interpretar datos que provienen del registro de varias variables sobre un mismo caso objeto de estudio. Como las variables representan atributos de la misma unidad de análisis (unidad Cropcheck), usualmente ellas están correlacionadas. El AM no solo describe, sino que toma ventaja de esta correlación para caracterizar los casos. El AM provee herramientas para comprender la relación (dependencia) entre las variables medidas simultáneamente sobre la misma unidad, para comparar, agrupar y/o clasificar observaciones multivariadas.

De esta manera, se realizó un análisis de componentes principales (PCA), con el fin de determinar la importancia y peso relativo de las variables de pre-cosecha y su impacto generado sobre el rendimiento de cada una de las 26 unidades Cropcheck durante la temporada 2014-2015. Las principales variables estudiadas fueron de



clima (precipitaciones, suma de grados días, horas frío y radiación anual); variables de suelo (acidez, macro y micronutrientes); análisis foliares (macro y micro nutrientes) y las mejores prácticas de manejo aplicadas por el productor (puntos de chequeo), que incluyen manejo de poda, nutrición, riego y período de resguardo a *botrytis*.

Los resultados señalan que las variables de pre-cosecha ingresadas explican un 80% de variabilidad total de los datos para la componentes 1 (46%) y 2 (33%). Este resultado es muy alto e indica que las variaciones del clima en el suelo, la planta y las acciones de manejo son las causas que explican en su conjunto un 80% del rendimiento en arándanos.

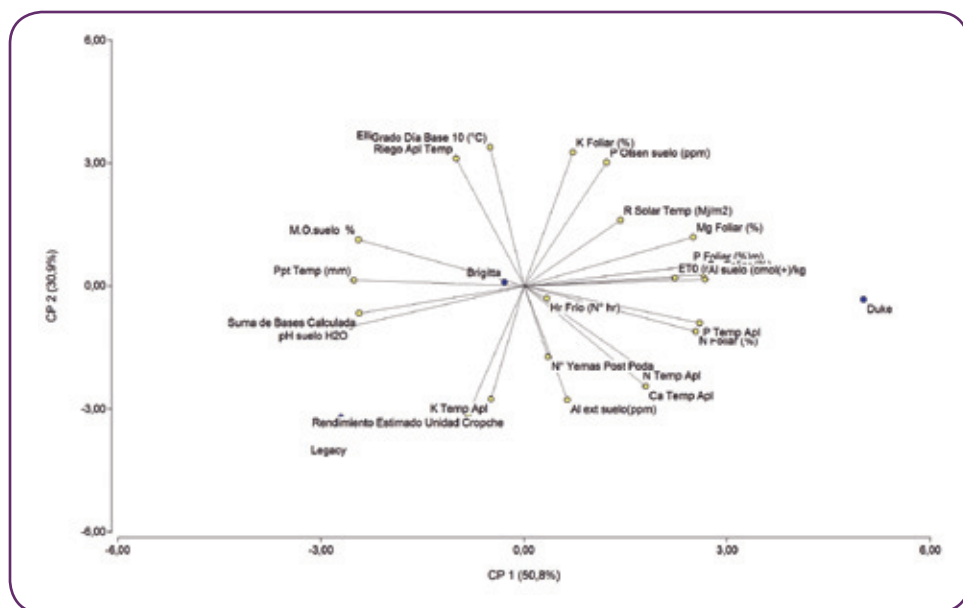


Gráfico 12. Análisis de componentes principales para las principales variables de precosecha que inciden sobre el rendimiento en arándanos.

Los resultados del PCA muestran que variables que más peso otorgan a los componentes y además explican la variación de rendimiento en los huertos son: (1) de suelo (pH, Materia Orgánica (%), Nitrógeno y P Olsen); (2) Foliares (N, P; Ca; K y Mg); (3) del Clima (precipitaciones y evapotranspiración de referencia) y (4) de manejo (riego aplicado, nitrógeno, fósforo y calcio aplicado).

Posteriormente se realizó un análisis de correlación de Pearson (Cuadro 62), para determinar si existe un grado de asociación significativa entre rendimiento y alguna variable de alto peso que explique en mayor medida dicho parámetro.

Cuadro 62. Análisis de correlación múltiple entre variables de gran influencia sobre el rendimiento.

Variable(1)	Variable(2)	Tipo de Variable	n	Pearson	p-valor
Rendimiento (kg/ha)	pH H ₂ O	Suelo	10	-0,2	0,5883
Rendimiento (kg/ha)	Al suelo (cmol+)/kg)	Suelo	10	-0,03	0,9277
Rendimiento (kg/ha)	P olsen suelo (ppm)	Suelo	10	-0,23	0,5271
Rendimiento (kg/ha)	Suma de Bases (cmol+)/kg)	Suelo	10	-0,05	0,8803
Rendimiento (kg/ha)	N suelo (ppm)	Suelo	9	0,05	0,8919
Rendimiento (kg/ha)	M.O. suelo %	Suelo	10	0,02	0,9544
Rendimiento (kg/ha)	N Foliar (%)	Foliar	10	0,44	0,2085
Rendimiento (kg/ha)	P. Foliar (%)	Foliar	10	0,32	0,3716
Rendimiento (kg/ha)	Ca Foliar (%)	Foliar	10	-0,31	0,3864
Rendimiento (kg/ha)	Mg Foliar (%)	Foliar	10	0,09	0,7972
Rendimiento (kg/ha)	Riego aplicado temporada	Manejo	10	0,51	0,132
Rendimiento (kg/ha)	N aplicado temporada	Manejo	10	0,13	0,7149
Rendimiento (kg/ha)	P aplicado temporada	Manejo	10	-0,06	0,868
Rendimiento (kg/ha)	Ca aplicado temporada	Manejo	10	0,59	0,0744
Rendimiento (kg/ha)	Precipitaciones (mm)	Clima	10	-0,25	0,4803
Rendimiento (kg/ha)	ET ₀ (mm)	Clima	10	-0,24	0,5021

En el cuadro se muestra que las variables de mayor peso en la configuración del rendimiento, tales como: clima, suelo, foliar y manejo agronómico, descritas por el análisis de componentes principales (PCA), por sí solas o en forma individual no muestran una correlación estadísticamente significativa sobre la variable rendimiento, durante la temporada 2014-15. Es decir, no existe un factor de clima, suelo o bien algún manejo agronómico realizado en este trabajo, que por sí solo haya generado efectos significativos sobre las variables rendimiento.

Lo anterior nos permite concluir que para subir escalas significativas de rendimiento, las acciones requeridas son de tipo multifactorial y tanto los efectos, como las respuestas productivas de dichas acciones, se expresan en un período mayor a una temporada. Del mismo modo, al analizar los resultados del PCA es posible observar que las variables de suelo descritas como de alto peso sobre la productividad, están relacionadas con temas de acidificación (pH, concentración de aluminio, suma de bases y fósforo). Dichas variables dan cuenta de las deficientes estrategias de corrección del suministro de nutrientes, analizadas en extenso en la línea de base. A consecuencia de lo anterior, al



analizar las variables foliares es posible señalar que el fósforo, calcio y magnesio foliar explican mucha de la variabilidad asociadas al rendimiento. Al mismo tiempo, éstas se encuentran correlacionadas con las deficiencias de nutrientes, provocadas por suelos ácidos y con altas concentraciones de aluminio tóxico.

Por otra parte, es posible observar que las variables materia orgánica, nitrógeno foliar y riego son variables de alto peso y explican un gran porcentaje de variabilidad asociada al rendimiento. Como se analizó en la línea de base, solo un 20% de los análisis foliares de los productores se encontró en rango normal. El 50% de los niveles foliares de nitrógeno se encontraba en el rango deficiente, y el 30% restante sobre el límite de suficiencia. Dichos resultados dan cuenta de los problemas asociados con los excesos y déficit de riego aplicado por parte de los productores y su relación con la absorción del nitrógeno a través del torrente respiratorio. Al mismo tiempo, poner en relieve la importancia de residuos vegetales, generan contenidos de materia orgánica, con posibilidades de mineralizar altos contenidos de nitrógeno.

Finalmente y luego de haber realizado un análisis de clima, suelo, planta y manejo agronómico, es posible concluir que tras 35 años de introducción del cultivo del arándano en Chile por parte del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), ha sido posible, tanto con esfuerzos públicos como privados, construir un paquete tecnológico para el cultivo de arándanos en el sur de Chile. Así, desde el punto de vista de suelo, existe la metodología y los indicadores probados para corregir deficiencias, como también han sido validados métodos precisos que permiten estimar y suplementar la demanda de nutrición de mantención de los huertos. Existe además a disposición del productor un interesante portafolio de fuentes granuladas y solubles, capaces de reaccionar a iguales velocidades de absorción de los nutrientes, según lo exige la curva de demanda del cultivo y de acuerdo a como avanza el desarrollo fenológico. Asimismo, a través de este proyecto, se ha puesto a disposición un método claro y eficaz para proteger a la flor de *botrytis*, enfermedad que no sólo causa pérdidas en rendimiento, sino que además al estar presente en poscosecha es una de las causas de rechazo más importantes en destino. Finalmente, se han elaborado metodologías de balance hídrico para construir programas de riego, que permitan hacer un uso racional del recurso y al mismo tiempo, maximizar la productividad del cultivo.

Desde el punto de vista del clima, ha quedado en evidencia que los requerimientos térmicos del arándano en el sur de Chile se cumplen sin limitación desde el punto de vista de la acumulación de frío invernal y acumulación de calor estival, ambos procesos vitales para expresar potenciales altos de rendimiento para el cultivo. Como ha quedado en evidencia, las precipitaciones habituales en el sur de Chile es la principal limitante climática observada en el cultivo de arándanos.

Si se considera la planta, antigüedad de las variedades actualmente utilizadas (liberadas de royalties), no contemplan las limitantes climáticas del cultivo y dejan ver el atraso en

la zona sur por la incorporación de nuevas variedades adaptadas, cuya tecnología de alto impacto sobre la productividad del cultivo debiera ser de primera prioridad para liderar la modernización de esta industria, donde Chile no está solo y pierde competitividad.

Lo anterior da cuenta que los esfuerzos realizados para promover y desarrollar programas de mejoramiento genético han sido claramente insuficientes. Por otra parte, la validación de variedades mejoradas en el extranjero e introducidas al país, han sido realizadas en forma aislada por parte de los productores.

4.2.4 Adopción de los puntos de chequeo y su impacto sobre la firmeza de frutos a cosecha

A fin de validar las buenas prácticas de cultivo transferidas a través de la metodología Cropcheck y su efecto sobre el parámetro de condición firmeza a cosecha, se realizó un análisis de regresión múltiple, el cual incluyó como variables regresoras los ponderadores Cropcheck, fuente de variabilidad del grado de adopción de cada uno de los puntos de chequeo.

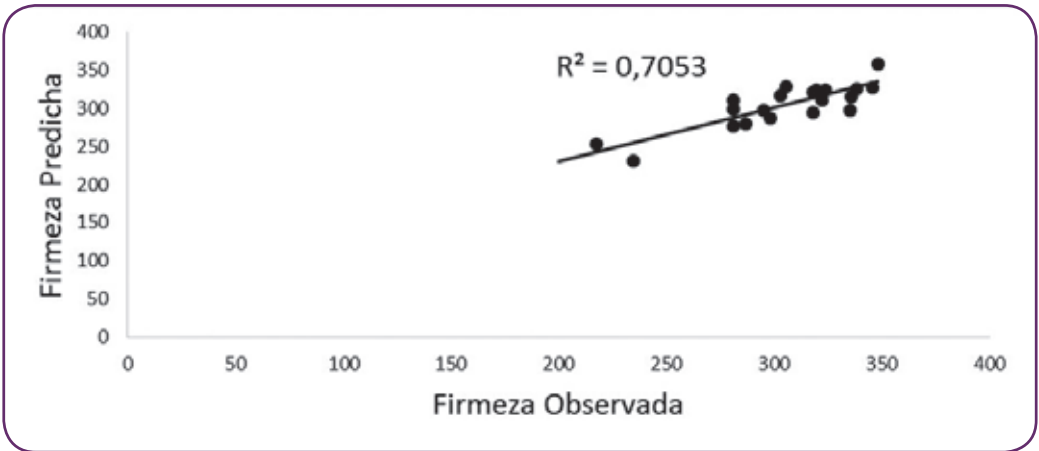


Gráfico 13. Análisis de regresión lineal entre firmeza observada y firmeza predicha.

La ecuación de lineal obtenida como producto del análisis de regresión fue:

(Ec3) Y predicho= -275,2+ 81,31xPCpoda-47xPCBotritis-49,38xPCK-20,6PCN-6,85xPCMg+12,2PCP+9,69xPCCa+54,39xPCS+-24,43xPCRiego.

(Ec4) Y observado= 0,7053 x Ypredicho+89,667

PC: Ponderador Punto de chequeo.

Ec: N° de Ecuación

En el caso de firmeza de frutos a cosecha, la regresión indica una mayor significancia, con un valor p de 0,0718 y un R^2 de 70,5%, por lo que se considera un buen modelo.

Dicho lo anterior, es posible señalar que la aplicación de buenas prácticas de chequeo transferidas influye sobre la firmeza de frutos a cosecha (Cuadro 63). Es decir, aquellos productores que dieron cumplimiento a los manejos de poda sugerida, aplicaron dosis de nutrientes en base a recomendación, realizaron un período de resguardo a *Botrytis* superior a 80% del período de floración y aplicaron la cantidad y distribución de agua de riego según metodología, con un alto nivel de precisión, tendrán la certeza que podrán cosechar frutos firmes y de buena condición al momento de cosecha.

No obstante lo anterior, y como se observa el Cuadro 64, en la práctica la evaluación de los puntos de chequeo hacia los productores muestra que ninguno de los 26 dio cumplimiento en un 100% a los puntos definidos. A pesar de ello, fue posible categorizar tres grupos de productores con niveles de firmeza a cosecha muy firme, semi-firme y poco firme. Así, catorce (14) productores (59%) evaluados en las unidades Cropcheck muestran niveles altos de firmeza; seis (6) se encuentran en la categoría semi-firmes (23%) y 6 en la categoría poco firmes (23%). El umbral de firmeza definido por la unidad de poscosecha de INIA La platina es cuando la deformación de la fruta es mayor a 200 gr/mm, donde ninguna unidad Cropcheck fue registrada fruta blanda. Lo anterior, se explica fundamentalmente debido a que la fruta cosechada por el equipo, corresponde a primer o segundo floreo, que por lo general entregan fruta de muy buena condición.

Al analizar los manejos realizados por aquellos productores ubicados en la categoría muy firme, es posible observar que dieron cumplimiento en al menos tres (3) de los cuatro (4) puntos de chequeo propuestos, es decir, un 75% de adopción. En efecto, un productor de categoría “Muy Firme”, coincide con que realizó poda sugerida, resguardo alto de *Botrytis*, riego sugerido y dosis propuesta de fósforo. La suma de los pesos de los ponderadores (ver ecuación 3) de riego (24,43), poda (81,31) y resguardo a *Botrytis* (47) es tan alto, que no permiten producir caídas en la firmeza de la fruta, a pesar de haber subdosificado nutrientes como Nitrógeno (20,6) o Azúfre (54,39).

No obstante lo anterior, aquellos productores de categoría de fruta a cosecha “Poco firme”, cumplieron a cabalidad uno (1) de los cuatro (4) puntos de chequeo propuestos (25%). Así, a pesar de haber podado según los criterios propuestos, el mayor peso del ponderador poda de la ecuación tres (3) (81,31) es insuficiente para sostener fruta muy firme, cuando el período de resguardo a *Botrytis* es bajo, se realiza sobre riego, y tan solo en uno (1) de los cinco (5) nutrientes fueron aplicadas las dosis de nutrientes recomendadas (Cuadro 63).

Cuadro 63. Relación entre el cumplimiento y no cumplimiento del 100% de los puntos de chequeo y su relación con la firmeza de frutos a cosecha.

Categoría Firmeza	Firmeza Predicha (gr/mm)	Firmeza Observeda (gr/mm)	Punto de Che- queo Poda	Punto de Chequeo Nutrición							Punto de Chequeo Riego
				Punto de Chequeo Botrytis	Punto Chequeo Azufre	Punto Che- queo Potasio	Punto Chequeo Nitró- geno	Punto Che- queo Fósforo	Punto Che- queo Calcio	Punto Chequeo Magne- sio	
Poco Firme	247	264	Poda Débil	Resgar- do Bajo	Dosis Alta	Dosis Baja	Dosis Alta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Riego Alto
Poco Firme	263	275	Poda Fuerte	Resgar- do Bajo	Dosis Baja	Dosis Alta	Dosis Alta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Riego Alto
Muy Firme	325	319	Poda Suge- rida	Resgar- do Alto	Dosis Propues- ta	Dosis Pro- puesta	Dosis Propues- ta	Dosis Pro- puesta	Dosis Pro- puesta	Dosis Propues- ta	Riego Propues- to

Cuadro 64. Grado de adopción de puntos de chequeo y su relación con el grado de firmeza a observada a cosecha.

Cate- goría Firmeza	N° Produc- tores	%	Firmeza a cosecha observada	Riego	Periodo de No Resgar- do en Floración	Punto Che- queo Poda	Dosis de Fósforo	Dosis de Mag- nesio	Dosis de Pota- sio	Dosis de Nitróge- no	Dosis de Calcio	Dosis Azúfre
Muy Firme	14	54%	313,9	Dosis Pro- puesta	Resgar- do Alto	Poda Sugerida	Dosis Pro- puesta	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja
Semifir- me	6	23%	301,7	Dosis Alta	Resgar- do Medio	Poda Sugerida	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja	Dosis Baja
Poco Firme	6	23%	245,1	Dosis Alta	Resgar- do Bajo	Poda Sugerida	Dosis Baja	Dosis Alta	Dosis Alta	Dosis Pro- puesta	Dosis Baja	Dosis Alta

4.2.5 Variables de pre cosecha y su influencia sobre la firmeza de frutos a cosecha

Con el fin de analizar variables de precosecha y su influencia sobre parámetros de calidad y condición, tales como firmeza a cosecha, se analizó una base de datos compuesta por 236 variables capturadas en cada una de las 26 unidades Cropcheck. Dichas variables incluyeron: factores de suelo, clima, planta y manejo en precosecha, así como variables de calidad y condición de la fruta en poscosecha.

Para analizar tal volumen de información, es preciso valerse de análisis estadísticos multivariados, cuyas técnicas permitan la reducción en el número de dimensiones



(variables) y con ello lograr examinar todos los datos en un espacio de menor dimensión al original y desde ahí evaluar su comportamiento. En este sentido, el análisis de componentes principales (PCA) es una técnica frecuentemente utilizada para ordenar y representar datos multivariados continuos, sobre un gran número de variables. Estos se ordenan y correlacionan con menor o mayor fuerza, permitiendo explicar variables de interés como lo son para este estudio los parámetros de calidad y condición de arándanos.

El análisis (PCA) permite la reducción de las dimensiones (o variables) y con ello la construcción de dos o bien tres nuevas variables sintéticas CP, las que posibilitan en un plano de dos dimensiones (gráfico biplot), representar el gran cúmulo de información original. Los gráficos biplot reportados por el (ACP) muestran de forma útil la manera de mostrar los resultados y las correlaciones entre las variables originales.

Al analizar las variables de precosecha capturadas y al ser confrontadas con la variable firmeza de frutos a cosecha, se observa la suma de la componente principal (CP1, eje x) y componente (CP2, eje y) que explican solo el 30,6% de la variabilidad total de los datos. Es decir, mientras más variabilidad genere una variable o un grupo de ellas, mayor es el efecto o correlación de dichas variables en estudio y la variable de respuesta que se quiere explicar (Gráfico 14).

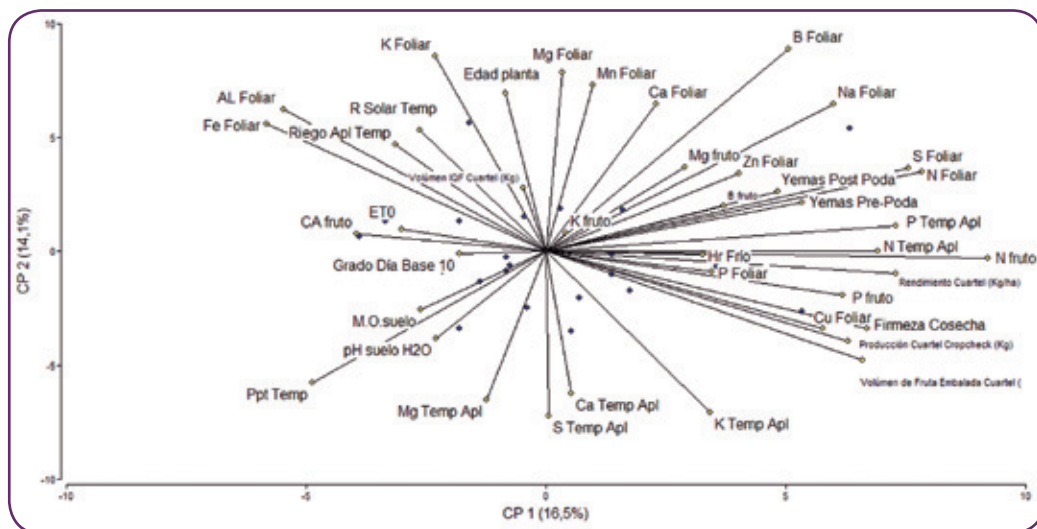


Gráfico 14. Análisis de componentes principales evaluando la relación entre firmeza de fruto, contenido foliar de nutrientes, contenido de nutrientes en frutos y variables climáticas y de manejo en precosecha.

En base a lo descrito con anterioridad, el biplot (Gráfico 14) indica que la firmeza (costado derecho) se correlaciona positivamente con el contenido de nitrógeno y fósforo (polos en igual dirección) al interior de los frutos y de igual forma con el contenido foliar de nitrógeno y azufre.

Por el contrario, se correlaciona negativamente con la firmeza (polos opuestos), las variables edad de la planta, incremento de radiación solar, sobre dosis de riego aplicado, alto contenido de aluminio (Al) y hierro (Fe) en las hojas, y contenido de calcio (CaO) en el fruto.

Con el fin de determinar el peso relativo de estas variables con mayor incidencia, se realizó un nuevo análisis de componentes principales, esta vez, simbolizando los datos de cada variedad con un color distinto (Gráfico 15).

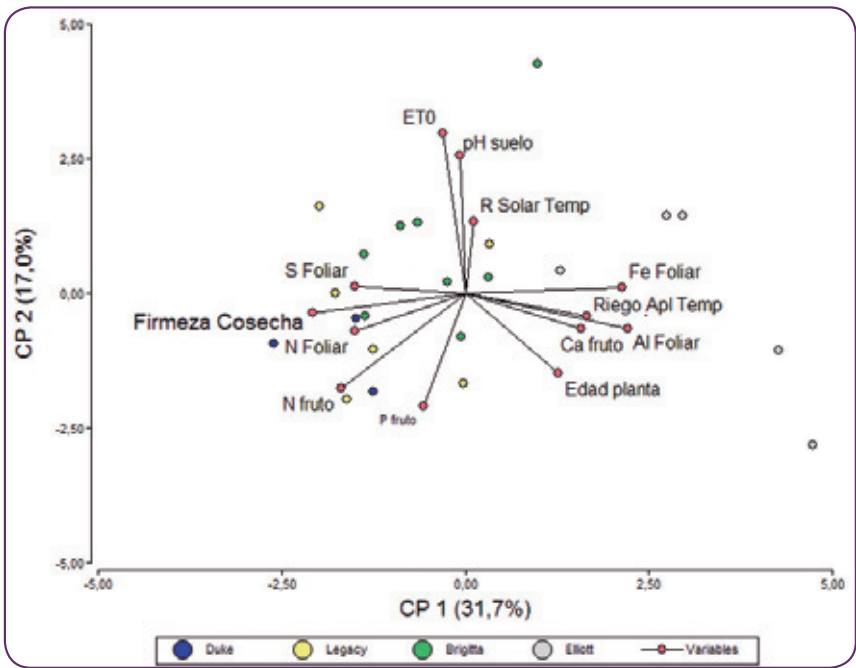


Gráfico 15. Análisis de componentes principales con las variables de precosecha más relevantes para explicar firmeza de frutos a cosecha. Distintos colores indican datos de distintas variedades.

El Biplot de la Figura 15 explica un 48,7% de la variabilidad en los datos, indicando que la variedad Elliot presenta menor firmeza de los frutos a cosecha (Cuadro 65), siendo la variedad asociada a los mayores niveles foliares de Fe y Al y Ca en los frutos. Para las demás variedades, los valores más altos de firmeza se correlacionan de manera positiva con los contenidos foliares de N y S y con el contenido de N y P en los frutos.

Al verificar la dependencia de la firmeza de frutos a cosecha con las variables identificadas, se obtiene una correlación negativa y significativa entre firmeza de los frutos con el volumen de riego aplicado en la temporada ($p = 0,0268$), el contenido de calcio en los frutos ($p = 0,0016$), el contenido de Al en las hojas ($p = 0,0037$) y el contenido de Fe en las hojas ($p = 0,0038$). Tanto el contenido de N ($p = 0,0239$) como el contenido de S ($p = 0,0143$) en las hojas se correlacionan positivamente y significativamente con la firmeza de los frutos.

Cuadro 65. Coeficientes de correlación entre firmeza a cosecha y variables de precosecha identificadas en el PCA.

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Firmeza Cosecha	Riego aplicado	25	-0,44	0,0268
Firmeza Cosecha	Nitrógeno Foliar	25	0,45	0,0239
Firmeza Cosecha	Azufre Foliar	25	0,48	0,0143
Firmeza Cosecha	Aluminio Foliar	25	-0,56	0,0037
Firmeza Cosecha	Fierro Foliar	25	-0,56	0,0038
Firmeza Cosecha	Calcio fruto	25	-0,6	0,0016

Analizando el volumen de riego aplicado por los agricultores, en relación al volumen propuesto, se observa que los productores de la variedad Legacy aplicaron menos agua que la recomendación, mientras que el resto de los agricultores aplican agua en exceso, llegando incluso a regar con un 200% más de la dosis (Gráfico 16).

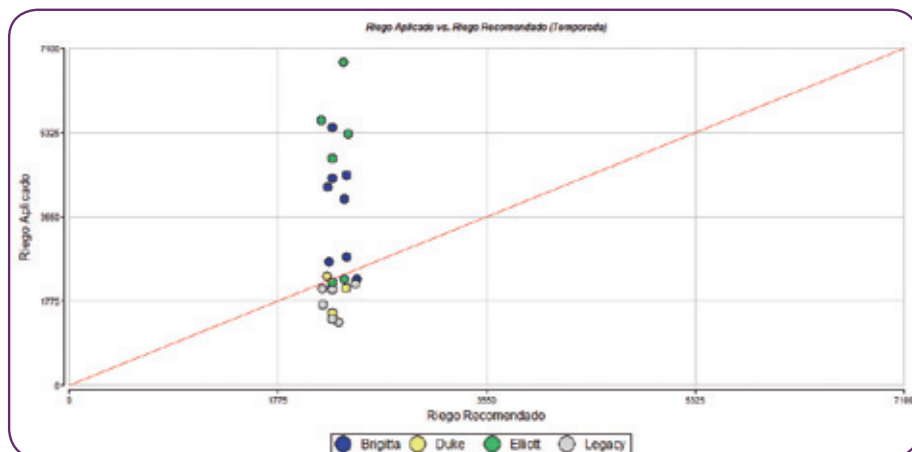


Gráfico 16. Gráfico de dispersión entre la tasa de riego recomendada y la tasa de riego aplicada dentro de la temporada. Símbolos sobre la bisectriz representan tasas de riego mayores a las recomendadas.

A continuación, en el Cuadro 66 se muestran dos categorías de firmeza observadas en el estudio, analizadas en función de aquellas variables de mayor peso arrojadas por el análisis de componentes principales (PCA). Estas muestran una correlación alta y significativa con la variable firmeza de frutos.

Cuadro 66. Categorías de firmeza y su relación con factores de pre cosecha estimados por análisis de componentes principales (PCA).

Categoría de Firmeza	Firmeza firmtech (gr*mm ⁻¹)	Punto Chequeo Riego	Punto de Chequeo Nitrógeno	Promedio de N (ppm)	Indicador	Promedio de Nitrógeno Foliar (%)	Indicador	Promedio de S Foliar (%)	Indica- dor
Muy Firme	333,8	Riego Sugerido	Dosis Baja	30,538	Bajo el Umbral	1,79	Deficiente	0,11	Normal
Poco Firme	221,1	Riego Alto	Dosis Propuesta	20,500	Bajo el Umbral	1,7	Deficiente	0,10	Normal

Como se observa en el cuadro, la componente riego aplicada tiene un peso muy importante sobre la componente firmeza, y deja en evidencia que la aplicación de agua de riego en exceso es causal de ablandamiento de los frutos. Del mismo modo, se observa que el contenido de nitrógeno, de ambas categorías de firmeza, se ubica bajo el umbral crítico. Las aplicaciones de nitrógeno propuestas aplicadas por aquellos productores ubicados en el la categoría poco firme, no fueron suficientes para corregir el suministro en el suelo y satisfacer la demanda del cultivo. Lo anterior trajo como consecuencia niveles de nitrógeno foliar deficientes y fruta menos firme.

Cuando se produce sobre riego, se genera un exceso de agua que es impulsada, por efecto gravitacional, a estratas de suelo inferiores. Esto produce arrastre y lixiviación de nitrógeno, alejándose del alcance de las raíces. Cuando el exceso de agua ocurre por períodos de tiempo prolongados, los efectos pueden llegar a ser más graves y producir incluso la contaminación de napas de agua subterránea.

El exceso de humedad provoca también una disminución de la aireación de los suelos. Así, el contenido de aire de los macroporos, es sustituido con el exceso de agua, produciendo el fenómeno de saturación. Cuando esto ocurre por períodos prolongados de tiempo, es la causa de asfixia radicular. En dicho estado, las raíces detienen su crecimiento y con ello su capacidad de absorción de nutrientes. En efecto, el cultivo no solo vería mermado su rendimiento, sino también disminuye la firmeza de los frutos al momento de cosecha.

El exceso de agua en el suelo, produce además alteración en las dinámicas de los nutrientes en el suelo. Entre ellos, el exceso de agua produce la lixiviación de bases de intercambio (Calcio, Potasio, Magnesio y Sodio). Estas últimas, al contener carga positiva provocarán que los sitios de intercambio sean sustituidos por hidrógeno (H⁺) acidificando el suelo, generando la liberación de distintas fracciones del complejo aluminio, incrementando su concentración en la fase soluble y quedando disponible para ser absorbido por la planta.



Para los suelos ácidos del sur de Chile, ha sido largamente reportado el efecto tóxico de los niveles de aluminio en las plantas y sus efectos en la disminución del crecimiento de raíces y deficiencias de nutrientes. A la luz de los resultados, es posible apreciar que altas concentraciones de aluminio, a nivel de las hojas, produciría un efecto colateral sobre la firmeza en los frutos (cuadro 67).

Cuadro 67. Firmeza de los frutos y su relación con el contenido de aluminio foliar (ppm).

Categorías de Firmeza	Promedio de Firmeza firmtech ($\text{gr}^*\text{mm}^{-1}$)	Punto Chequeo Riego	Promedio de AL Foliar (ppm)	Aluminio Máximo (ppm)
Muy Firme	333,846	Riego Sugerido	117,3	60
Semifirme	292,139	Riego Alto	126,2	60
Poco Firme	221,136	Riego Alto	178,3	60

De acuerdo a los resultados entregados por el PCA, el calcio de los frutos es una de las variables con mayor peso sobre la firmeza de los frutos.

Cuadro 68. Firmeza y su relación con la variedad y contenido total de Calcio en la fruta.

	Valores		
Etiquetas de fila	Promedio de Firmeza firmtech ($\text{gr}^*\text{mm}^{-1}$)	Promedio de Calcio Foliar (%)	Promedio de Calcio Fruto (mg/100g)
Brigitta	309,555	0,530	4,130
Muy Firme	337,833	0,528	4,303
Semifirme	298,922	0,527	3,916
Poco Firme	230,150	0,566	4,312
Duke	323,117	0,666	6,783
Muy Firme	332,825	0,650	6,698
Semifirme	303,700	0,698	6,954
Legacy	297,475	0,455	7,524
Muy Firme	338,033	0,400	8,074
Semifirme	283,956	0,466	7,341
Elliot	241,425	0,490	9,381
Muy Firme	319,500	0,414	7,268
Semifirme	278,850	0,325	8,782
Poco Firme	212,550	0,550	10,059

Como se observa en el cuadro 68, la correlación entre la concentraciones de calcio en fruto y la firmeza es alta, negativa y significativa ($p < 0,05$)-. Es decir, a medida que la concentración de calcio en el fruto, aumenta disminuye la firmeza. Como se observa en el cuadro 68, al abrir los datos por variedad es posible observar que en general aquellas variedades que consumen menos calcio, son en promedio más firmes. Así, Brigitta y Duke fueron las variedades de mayor firmeza y su consumo de calcio del orden de 4 a 6 mg/100gr. Por el contrario, Legacy y Elliot, mostraron concentraciones altas de calcio y en promedio son menos firmes 7 a 10 mg/100gr.

De esta manera, y en base a los resultados del análisis, el contenido total de calcio en los frutos, no parece ser un indicador confiable para definir la firmeza en arándano, PUES al analizar su contenido dentro de los niveles de firmeza de cada variedad, no se observan correlaciones. Al parecer, indicadores de contenido de calcio en pared (calcio ligado), pudieran dar una respuesta más clara para obtener indicadores que permitan segregar fruta firme según concentración del calcio.



CAPÍTULO 5

ASPECTOS CLAVES DURANTE POSCOSECHA PARA LA OBTENCIÓN DE UN ARÁNDANO DE CALIDAD

Autores: Bruno Defilippi Bruzzzone, Sebastián Rivera Smith y Rocío Arriola Santibañez
Unidad de Poscosecha, Centro Regional INIA La Platina

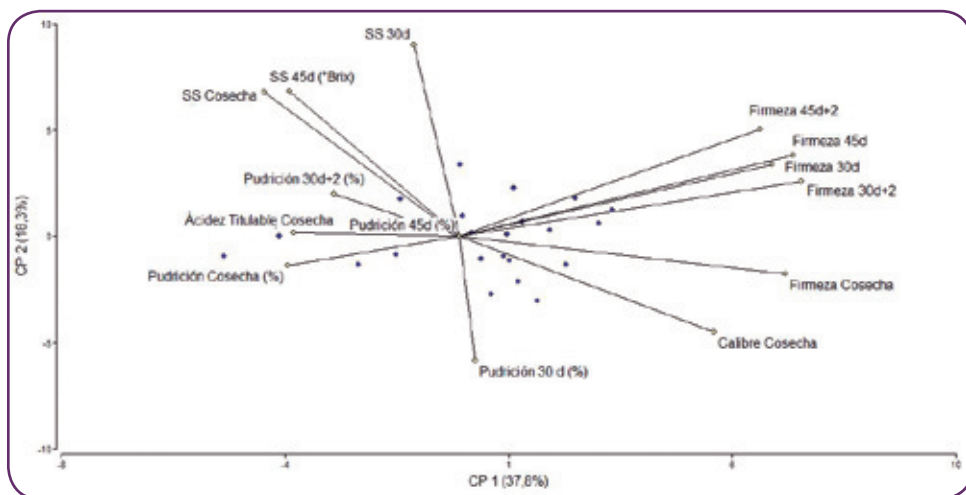
Dentro de la cadena de manejo para la producción de arándano, la etapa de poscosecha de la fruta constituye un punto clave para llegar al consumidor con una fruta de calidad. Calidad definida por una serie de factores como son color, firmeza, ausencia de daños, balance dulzor/acidez y aroma. Existe una gran gama de variedades que hoy son cultivadas a nivel comercial las cuales se pueden diferenciar en muchos aspectos, incluyendo hábito de crecimiento, fecha de producción, sabor, entre otros. Además, es importante considerar que el comportamiento en poscosecha puede ser diferente entre variedades, ya que éstas pueden presentar un metabolismo distinto en lo que dice relación con la respiración y producción de etileno, susceptibilidad a pudriciones; firmeza a la cosecha y poscosecha; relación azúcar/ácidos, otros. Sin embargo, existe un punto común para todas ellas, y es que se caracterizan por ser muy perecibles después de cosecha. De las principales causas de deterioro en arándano están: pudriciones, deshidratación, pérdida de firmeza, pérdida de apariencia, desarrollo de desórdenes y calidad sensorial.

En este capítulo se presenta un resumen de los resultados provenientes tanto del proyecto Cropcheck, orientado a identificar factores de precosecha que influyen en los atributos de calidad en arándano durante postcosecha, así como del extenso trabajo que ha desarrollado la Unidad de Poscosecha de INIA para entender los beneficios e implementación de las principales tecnologías de poscosecha utilizadas a la fecha en la exportación de arándano.

5.1. Firmeza, su relación con variables de cosecha y poscosecha y uso de envases

Se analizó la influencia de parámetros de precosecha y poscosecha sobre la firmeza de arándano utilizando la información generada en el proyecto Cropcheck, detallada en los capítulos anteriores. Para despejar las variables con mayor influencia sobre esta característica se realizó un análisis de componentes principales (PCA), seguido por un análisis de correlación de Pearson para determinar las variables con efecto significativo sobre firmeza. El análisis estadístico fue realizado en R, utilizando el software estadístico Infostat. En el Gráfico 17, se muestra el análisis de componentes principales, donde es posible observar que los dos primeros componentes principales (CP1 y CP2 en la figura) explican un 56,1% de la variabilidad de los datos. Desde este análisis fue posible

observar el grado de relación que tiene la firmeza determinada durante almacenaje con otros parámetros o variables a cosecha o durante poscosecha. Se observó una relación positiva entre la firmeza de poscosecha y la firmeza a cosecha y el calibre de la fruta. Contrariamente se observan relaciones negativas entre la firmeza en poscosecha y la concentración de sólidos solubles totales y la acidez titulable a cosecha. Por ejemplo, esto significa que mayor nivel de sólidos solubles a cosecha se relaciona con una menor firmeza en poscosecha.



Gráfica 17. Análisis de componentes principales, evaluando la relación entre firmeza y otros atributos de calidad de los frutos a cosecha.

Como se observa en el Gráfico 17, la correlación es positiva y significativa ($p < 0,05$) entre la firmeza de los frutos a cosecha con la firmeza evaluada en distintos períodos de poscosecha. Por lo tanto, en fruta que es firme a cosecha hay una alta la probabilidad de que mantenga su condición de firmeza a los 30 y 45 días de viaje. Sin embargo, es importante indicar que en arándanos la pérdida de firmeza en poscosecha ha sido atribuida principalmente a la pérdida de peso fresco del fruto. En esta línea Paniagua et al. (2013) observaron una relación significativa y negativa entre la pérdida de peso fresco y la firmeza durante el almacenaje a 0°C , estableciendo un valor umbral de 1,0% de pérdida de peso fresco para generar pérdida de firmeza en la fruta. Por lo tanto, en fruta con más de 2% de pérdida de peso es muy probable que su firmeza se vea afectada de manera negativa. Con este valor umbral en consideración, el uso de bolsas (perforadas o modificadas) en la industria de arándanos ha mostrado grandes beneficios en disminuir la pérdida de peso fresco del fruto y con esto se ha vuelto una exigencia actual en el proceso de embalaje de la fruta. Actualmente se ofrecen en el mercado diferentes alternativas de envases (bolsas), los cuales pueden variar considerablemente en sus atributos (Cuadro 69).

Cuadro 69. Análisis de correlación entre la firmeza de los frutos en distintos periodos de poscosecha.

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Firmeza a cosecha	Firmeza 30d	25	0,63	0,0008
	Firmeza 30d+2	25	0,68	0,0002
	Firmeza 45d	25	0,52	0,008
	Firmeza 45d+2	25	0,54	0,0057

Valores $p < 0,05$ representan diferencias estadísticas significativas.

Cuando no existen estrategias de protección ante la pérdida de agua desde el fruto, el arándano pierde aproximadamente entre un 6-8% de su peso fresco desde cosecha hasta el final de almacenamiento (30-40 días). Bajo este escenario se han podido observar importantes síntomas de deshidratación visual y el consecuente aumento del ablandamiento del fruto al final del periodo de almacenaje. El uso de medidas de protección como bolsas de atmósfera modificada, alta humedad y perforadas han permitido minimizar la pérdida de peso del fruto a valores inferiores al 3% e incluso inferiores al 1%, en función del área ventilada de la bolsa, reduciendo de esta manera los síntomas de deshidratación (visual y ablandamiento). Asimismo, incluir bolsas en el sistema de embalaje de arándanos, permitiría reducir el peso extra agregado en cada pocillo de fruto para cumplir con el estándar de peso rotulado en el embalaje.



Cuadro 70. Tipos de envases disponibles comercialmente en Chile para arándanos

Tipo de envase	Fabricantes	Uso/beneficios	Riesgos	Recomendaciones
Atmósfera modificada (MAP)	S.J.P. (Chile) PacLife (Chile) ViewFresh (EUA) StePac (Israel) Perfotec (Holanda) Amcors (Australia)	Disminución pérdida de peso fresco. Retención de la firmeza del fruto. Control de hongos y pudriciones.	Mal control de pudriciones con niveles de CO ₂ < 6%. Exceso de condensación y daños por toxicidad (ablandamiento, mal gusto) con mal manejo de la temperatura.	Solamente son recomendadas cuando se puede tener un óptimo manejo de la cadena de frío.
Bolsas de alta humedad	S.J.P. ViewFresh	Disminución pérdida de peso fresco. Retención de la firmeza del fruto.	Exceso de condensación con mal manejo de la temperatura.	Solamente son recomendadas cuando se puede tener un óptimo manejo de la cadena de frío.
Bolsas perforadas, microperforadas.	Varios proveedores	Disminución pérdida de peso y retención de la firmeza del fruto en función del área ventilada.	A mayor área ventilada menor efecto en la pérdida de peso y retención de la firmeza, pero menor riesgo de condensación.	
Berry Guard (Bolsa perforada 0,2% + generador de SO ₂)	Osku (Chile)	Disminución pérdida de peso fresco. Control pudriciones y hongos.	Daños por exceso de SO ₂ (toxicidad en el fruto, ablandamiento) ante un mal manejo de la temperatura	Se debe tener un buen control de la temperatura de almacenaje (evitar quiebres de frío).
SmartPac (Envase AM-liberador SO ₂)	Quimas (Chile)	Disminución pérdida de peso fresco. Control pudriciones y hongos.	Daños por exceso de SO ₂ ante un mal manejo de la temperatura.	Se debe tener un buen control de la temperatura de almacenaje (evitar quiebres de frío).



En la Unidad de Poscosecha INIA La Platina se determinó el efecto del uso de bolsas de alta humedad traslapada (sin modificar la concentración de CO_2 y O_2 ambiental) sobre la evolución de la firmeza en arándanos Duke y Legacy obtenidos de un huerto comercial en Nancagua. Como se observa en la Figura 8, para la variedad Duke el uso de bolsa de alta humedad permitió reducir considerablemente la tasa de pérdida de peso fresco durante el almacenaje, con una pérdida de peso luego de 45 días de 0,8% para fruta almacenada en bolsa y de 12,7% para fruta sin protección adicional a la pérdida de agua. Este comportamiento se relacionó con una baja tasa de pérdida de firmeza durante el almacenaje para el caso de fruta con bolsa y una mayor pérdida de firmeza en fruta sin bolsa. Estos resultados permiten corroborar las observaciones publicadas por Paniagua *et al.* (2013). Para el caso de Legacy se observó un comportamiento similar. Sin embargo, en comparación a Duke, los resultados describen una mayor tolerancia a la pérdida de firmeza, la cual comenzó luego de 15 días de almacenaje; asimismo la tasa de pérdida de peso fresco fue superior en Duke, considerando fruta sin bolsa.

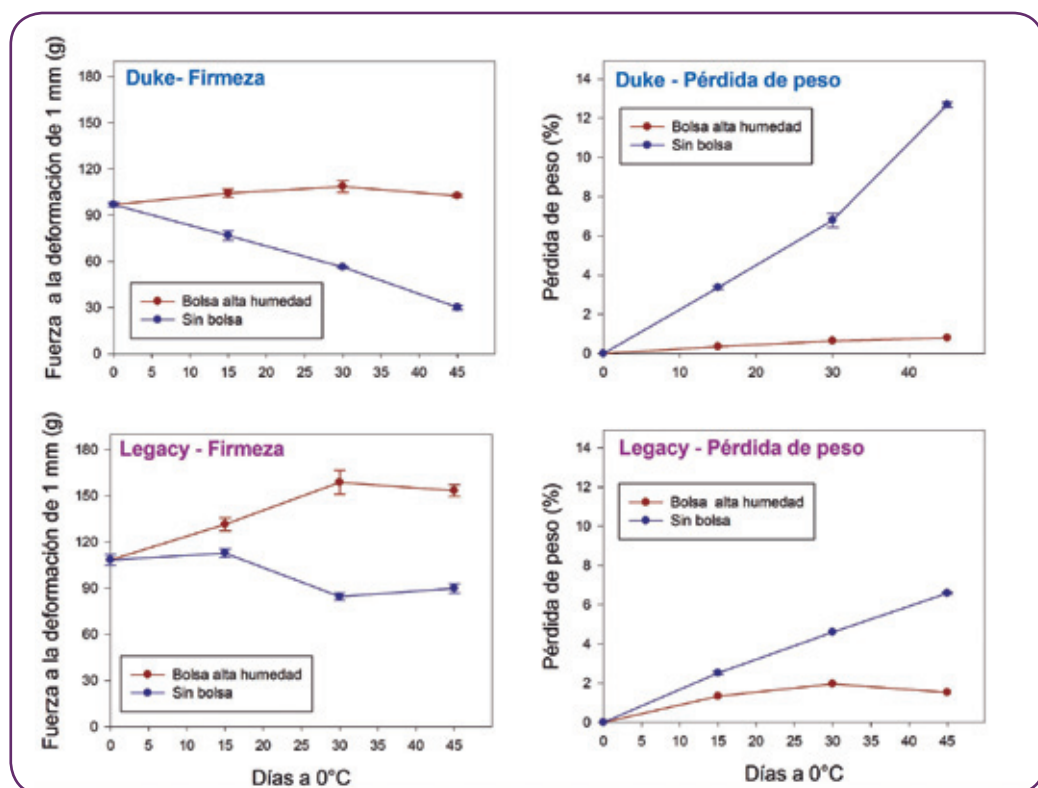


Figura 8. Fuerza máxima a la deformación de un 10% del fruto (g) determinada con un equipo texturómetro y pérdida de peso fresco (%) luego de 0, 15, 30 y 45 días a 0°C, en arándanos Duke y Legacy cultivados en Nancagua, Chile.

Por otro lado, con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes tipos de envases y tecnologías, sobre la pérdida de agua, se almacenaron arándanos Brigitta, Powderblue y Elliot en 4 condiciones diferentes: aire regular o control sin bolsa; bolsa de alta humedad de 20 μm ; bolsa de atmósfera modificada de 40 μm (AM) y bolsa perforada 0,9% en atmósfera controlada de 10% CO_2 y 5% O_2 (AC + BP0,9%). La evolución de la pérdida de peso fresco luego de 40 y 55 días a 0°C en arándanos almacenados en estas diferentes tecnologías se muestra en la Figura 9. Es posible observar que en fruta sin protección ante la pérdida de agua (aire regular) la pérdida de peso luego de 55 días a 0°C varió entre 6% para Brigitta a 11% en Elliot. En contraposición, la pérdida de peso fue inferior a 1% en fruta almacenada en bolsas de alta humedad y AM. En fruta almacenada en AC + BP0,9%, la pérdida de peso varió entre 2 y 3%. El efecto de las bolsas sobre la pérdida de peso fresco puede ser explicado desde los niveles de humedad relativa obtenidos con el uso de los diferentes envases, que superior al 98% en bolsas de alta humedad y atmósfera modificada y de 92% para el aire regular y 94% para la bolsa perforada 0,9%.

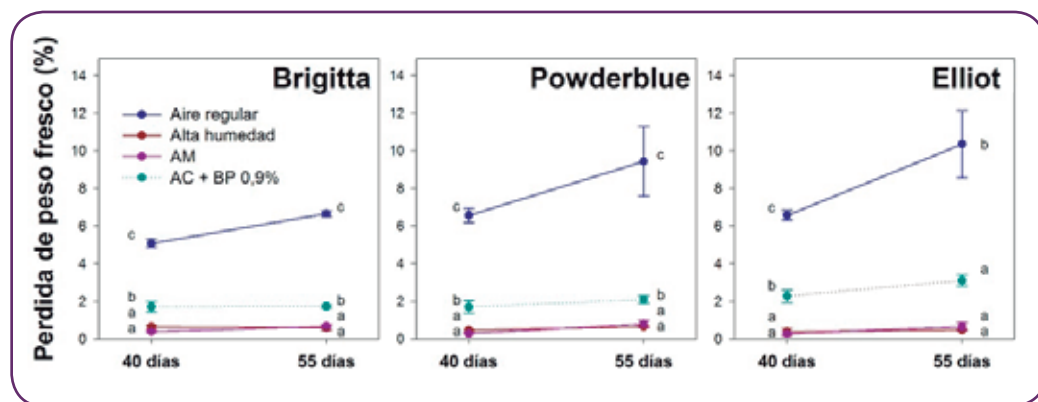


Figura 9. Efecto de cuatro condiciones de almacenaje (aire regular, envase de alta humedad, atmósfera modificada (AM) y atmósfera controlada (AC) con bolsa perforada (BP) 0,9%) sobre la pérdida de peso fresco de arándanos Brigitta, Powderblue y Elliot almacenados por 40 y 55 días a 0°C.

Letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas por prueba de LSD-Fisher ($p < 0,05$). Barras: error estándar de 4 repeticiones de una caja de 1,5 kg.

Sin embargo, es importante identificar que dentro de las bolsas de atmósfera modificada, existen varios proveedores con una variada oferta de bolsas AM, con diferentes características como la capacidad de evitar la condensación en el interior del envoltorio (bolsas anti-fog) o la incorporación de algún agente antifúngico en el material. Asimismo, bolsas AM de distintos proveedores pueden alcanzar diferentes niveles de CO_2 y O_2 o desiguales niveles de humedad relativa al interior del envoltorio a una temperatura dada. Por ejemplo, en la Figura 10, se observa el efecto sobre la pérdida de peso de

cuatro proveedores de AM (AM1, AM2, AM3, y AM4) en cajas de 1,5 kilogramos de fruta. Como es posible observar el proveedor 4 (AM-4) mostró la mayor pérdida de peso promedio (cercana al 2%), con un valor promedio en estabilización de la humedad relativa de 92%. En el resto de los proveedores (AM1-3) la humedad relativa fue superior al 97% y la pérdida de peso promedio fue inferior al 0,5%.

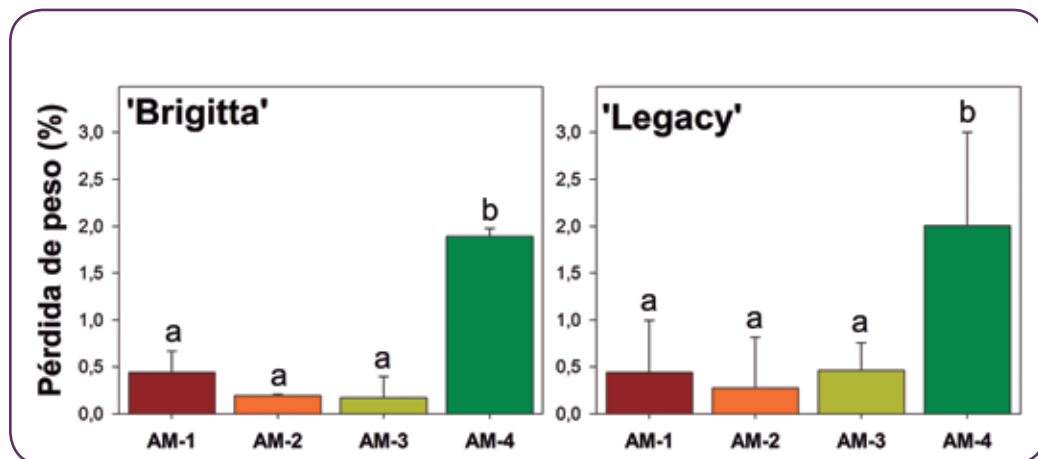


Figura 10. Pérdida de peso fresco en fruto de arándanos Brigitta y Legacy almacenados por 45 días a 0°C, considerando 4 proveedores diferentes de atmósfera modificada (AM-1, AM-2, AM-3 y AM-4).

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por prueba de LSD-Fisher ($p < 0,05$). Barras: error estándar de 4 repeticiones de una caja de 1,5 kg.

Como se indicó previamente se observaron relaciones significativas entre la firmeza de poscosecha y otras variables de calidad a cosecha y poscosecha. En el Cuadro 71, se indican los coeficientes de correlación de Pearson y el grado de significancia (valor-p) de estas relaciones. La firmeza se relacionó positivamente con la el calibre de la fruta y negativamente con los SST a cosecha.

Cuadro 71. Correlación de factores de precosecha asociados a la firmeza de fruto en cosecha.

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	Valor-p
Calibre Cosecha	Firmeza Cosecha	25	0,57	0,0031
	Firmeza 30d	25	0,33	0,1082
	Firmeza 30d+2	25	0,55	0,0048
	Firmeza 45d	25	0,41	0,0444
	Firmeza 45d+2	25	0,28	0,1706
SST Cosecha	Firmeza Cosecha	25	-0,44	0,0278
	Firmeza 30d	25	-0,26	0,2013
	Firmeza 30d+2	25	-0,29	0,1667
	Firmeza 45d	25	-0,33	0,1045
	Firmeza 45d+2	25	-0,19	0,3587
AT Cosecha	Firmeza Cosecha	25	-0,35	0,0856
	Firmeza 30d	25	-0,24	0,2479
	Firmeza 30d+2	25	-0,35	0,0852
	Firmeza 45d	25	-0,22	0,2914
	Firmeza 45d+2	25	-0,17	0,4268

La pérdida de peso fresco, no solo se asocia a la pérdida de firmeza en postcosecha, sino también a la expresión de síntomas de deshidratación visual. Se determinó la relación entre la pérdida de peso fresco y la expresión de síntomas de deshidratación visual, considerando frutos de las variedades Aurora, Brigitta, Star y Legacy. Los frutos se almacenaron por 30 días a 0°C y en grupos de 10 frutos se determinó en dos momentos diferentes del almacenaje la pérdida de peso fresco y la nota de deshidratación visual, considerando una escala de 1 a 5; donde 1= fruto sano, 2= deshidratación muy leve; 3=deshidratación leve; 4= deshidratación moderada y 5 = deshidratación severa (Foto 12).

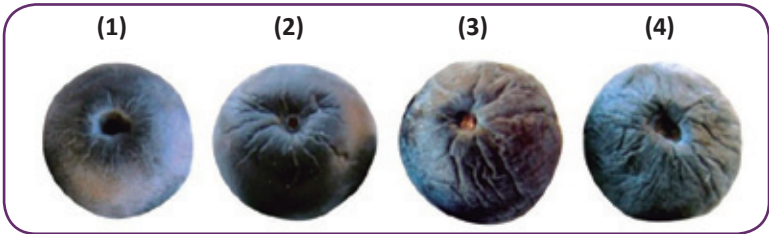


Foto 12. Frutos con síntomas de deshidratación visual: de izquierda a derecha, 1) deshidratación muy leve, 2) deshidratación leve, 3) deshidratación moderada y 4) deshidratación severa.

Considerando estos resultados se construyó una curva de regresión (Gráfico 18) entre la nota de deshidratación visual (eje-Y) y la pérdida de peso fresco (eje-X). Como es posible observar, se obtuvo una relación significativa ($p<0,001$) y positiva; por lo tanto a medida que aumentó la pérdida de peso fresco, los síntomas de deshidratación visual se agravaron. Considerando la ecuación de regresión ($Y = 0,588 + 0,466 X$; $r^2=0,92$) se estima que con un 3% de pérdida de peso del fruto es posible percibir síntomas muy leves de deshidratación visual y con pérdidas de peso cercanas a 5% se observan frutos con síntomas leves. Frutos con síntomas moderados se observan con pérdidas de pesos cercanas al 7%.

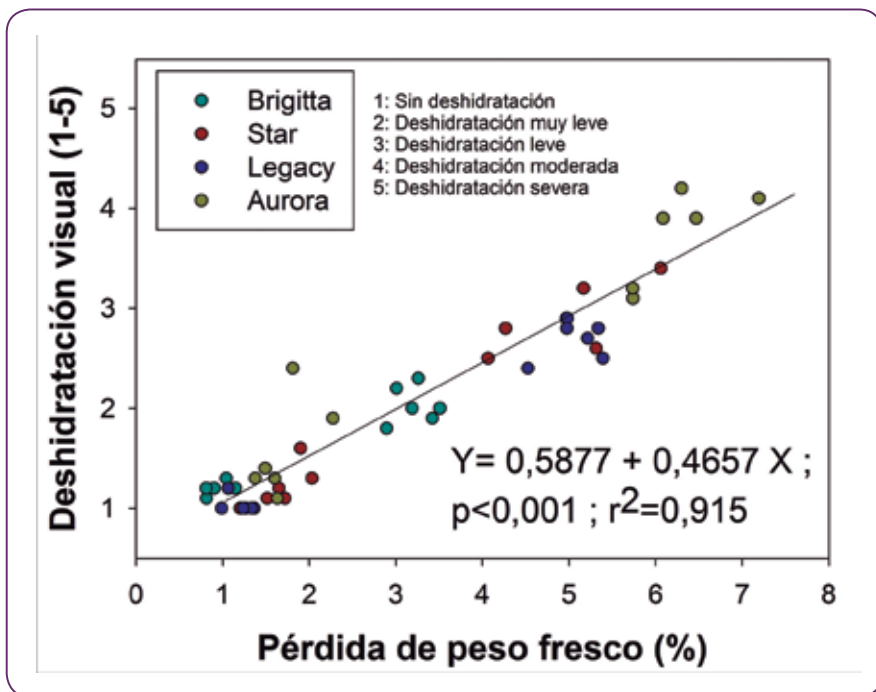


Gráfico 18. Regresión lineal entre la pérdida de peso fresco (eje-x) y la nota de deshidratación visual (eje-y) considerando frutos de arándanos Aurora, Brigitta, Legacy y Star almacenados por un período total de 30 días a 0°C.

Por último, utilizando los resultados obtenidos en el estudio Cropcheck arándanos, se determinó la relación que existe entre el porcentaje de frutos con pulpas en estado de madurez o senescencia avanzada (% de frutos con nota de pulpa 3 y 4 de escala 1-4) y la incidencia de frutos blandos luego de 45 días en almacenamiento refrigerado (Figura 11).

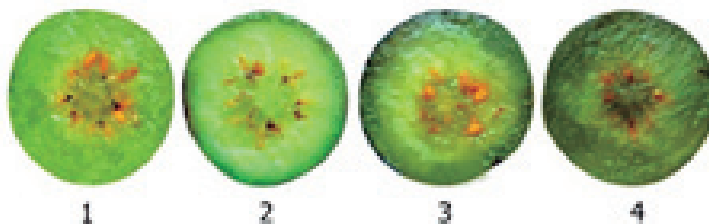
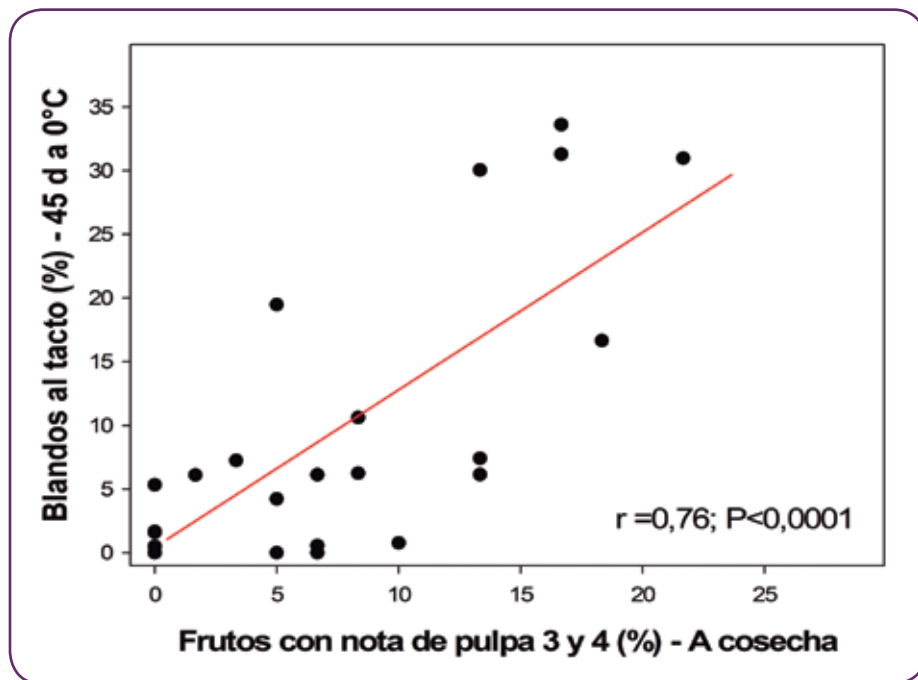


Figura 11. Relación lineal entre el porcentaje de frutos con nota de pulpa 3 y 4 (escala 1 a 4) y la proporción de frutos blandos al tacto luego de 45 días a 0°C. r = coeficiente de correlación de Pearson. Puntos= valor promedio para cada uno de 23 productores de arándanos.

La relación obtenida fue significativa y directamente proporcional; por lo tanto el aumento del porcentaje de frutos con notas de pulpa 3-4 puede generar un aumento en la incidencia o porcentaje de frutos blandos al tacto en post-cosecha. De aquí la necesidad de iniciar de manera oportuna las cosechas, y sobre todo definir los intervalos entre cosechas dentro de un mismo cuartel. Mientras mayores sean los tiempos entre éstos, mayor es la posibilidad de cosechar frutos sobremaduros y con esto mayor será la probabilidad de tener frutos blandos en poscosecha, independiente de la tecnología seleccionada durante almacenamiento y transporte.

5.2 Control de pudriciones de poscosecha de arándanos: tecnologías de poscosecha

Como se ha visto en otros capítulos del boletín, la pudrición gris es una de las principales causales de rechazo para arándanos desde Chile, debido a la baja tolerancia en mercado destino (cercano a 0%) y la falta de conocimiento acabado en el control de la enfermedad en pre y poscosecha. Los síntomas de pudrición gris se observan como frutos con consistencia blanda y acuosa, presencia de piel suelta, eventual esporulación superficial y nidos de *B. cinerea* en situaciones de alta severidad (Foto 13).

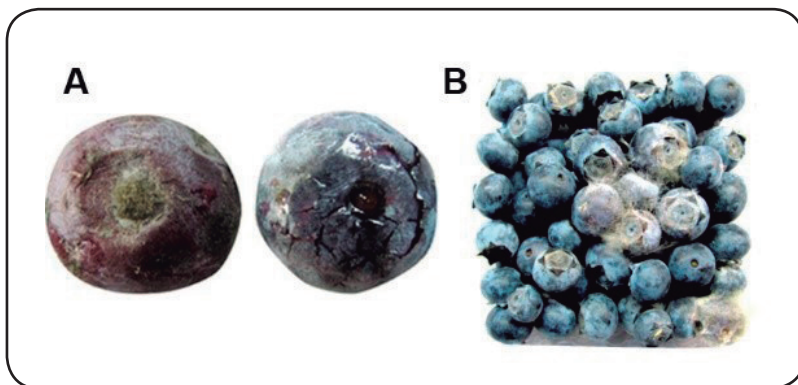


Foto 13. Síntomas de pudrición gris en arándanos. A. Pudrición blanda y acuosa con presencia de esporulación superficial y piel suelta. B. Nidos de *B. cinerea* en pocillo.

Para el control de la enfermedad durante postcosecha, en Chile en las últimas temporadas se ha estudiado el uso de atmósfera modificada, controlada y el uso de anhídrido sulfuroso (SO_2) tanto aplicado como gasificación inicial a cosecha, como aplicado durante almacenaje y transporte por medio de films o papelillos generadores de SO_2 .

5.3. Uso de atmósfera modificada y controlada en arándanos de exportación

Como se describió en el Cuadro 70, existe una amplia oferta de bolsas de atmósfera modificada que permiten estabilizar la concentración de gases al interior del envase a niveles diferentes a la atmósfera regular (21% O_2 y 0,04% CO_2). En la Figura 12 se muestra la evolución de CO_2 y O_2 por 50 días a 0°C al interior de bolsas AM de 4 proveedores, lo anterior evaluado sobre las variedades Brigitta y Legacy en cajas de 12X125 g (1,5 kg). Como es posible observar, la concentración de CO_2 , solamente en el proveedor 4 el CO_2 se estabilizó cercano al 10% y el resto de los proveedores se estabilizó entre 3% y 5%, posiblemente disminuyendo la capacidad de controlar hongos y pudriciones. Además el O_2 en dos proveedores (AM-1 y AM-3) se mantuvo cercano a 17-18%; en el proveedor 2 cercano al 13% y en el proveedor 4 cercano al 10%.

En términos de calidad y condición de poscosecha de arándanos, el efecto más importante que tiene la modificación de la concentración de gases al interior del embalaje, es la reducción del desarrollo de hongos y pudriciones, mostrando una alta efectividad mayor cuando se estabiliza de manera temprana sobre una mayor concentración de CO_2 (>8%). Sin embargo, trabajar con niveles muy altos (>15%) de CO_2 puede generar efectos negativos sobre la firmeza del fruto, aumentando la proporción de frutos blandos luego de almacenaje. Asimismo, estabilizar la concentración de oxígeno en niveles muy bajos, es riesgoso para el desarrollo de problemas de fermentación o sabores extraños en el fruto, sobre todo cuando no se tiene un completo control de la temperatura en poscosecha. El daño potencial por altos niveles de CO_2 estará condicionado por el nivel alcanzado, tiempo de exposición a este y variedad utilizada.

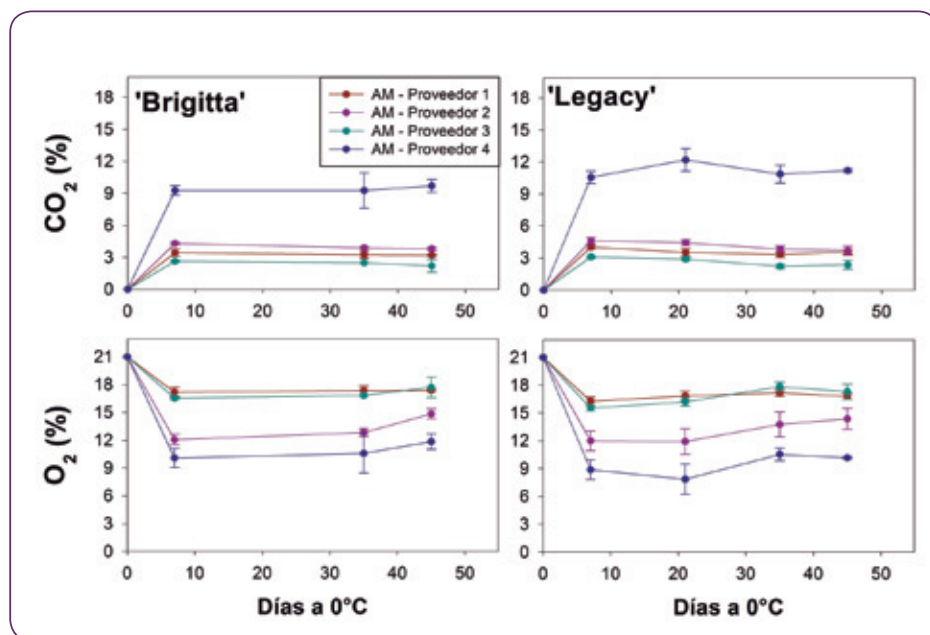


Figura 12. Evolución de la concentración de CO_2 y O_2 por 45 días a 0°C al interior bolsas AM de cuatro proveedores diferentes en arándanos Brigitta y Legacy. Barras: error estándar de 4 repeticiones de una caja de 1,5 kg.

Es importante señalar que la implementación y uso de tecnología AM dependerá de la capacidad de infraestructura y operación de las empresas exportadoras. Esto incluye la selección de un sistema que se ajuste al mercado de destino, que sea más fácil de implementar y manejar durante toda la cadena y fundamental es entender los beneficios, limitaciones y riesgos de los diferentes tipos de bolsas AM ofrecidas en el mercado. Sin embargo, como norma general en el uso de bolsas AM, es primordial disminuir la temperatura a los niveles requeridos (normalmente 0°C) lo antes posible y realizar un

buen control de la temperatura durante el almacenaje, con el objetivo de evitar el agua libre al interior del envase y estabilizar CO_2 y O_2 en niveles adecuados, lo cual podría traer consecuencias negativas como expresión del máximo potencial de pudriciones y daños por exceso de CO_2 y/o deficiente O_2 (ejemplo: ablandamiento, mal sabor).

Por otro lado, el uso de atmósfera controlada (AC) corresponde a la principal tecnología disponible para el control de hongos y pudriciones en arándanos y no presenta restricciones de uso para los mercados de destino. Sin embargo, el incorrecto uso de esta tecnología (niveles de gases inadecuados según sensibilidad de variedad-zona) puede traducirse en la expresión de otros problemas como el ablandamiento excesivo y sabores extraños. Actualmente existe una amplia oferta combinatoria de gases en atmósfera controlada para la industria. Es por esto que en la Unidad de Poscosecha del Centro Regional INIA La Platina, se estudió el efecto de la tecnología de AC en arándanos Brigitta, considerando frutos inoculados artificialmente en la herida pedicelar de cosecha con una suspensión conocida de conidias de *B. cinerea*. Los frutos inoculados se expusieron por 40 días a 0°C en 3 concentraciones diferentes de CO_2 y O_2 , las cuales correspondieron a, AC1= 10% O_2 - 5% CO_2 ; AC-2= 10% O_2 - 10% CO_2 y AC3= 15% CO_2 - 10% O_2 . Adicionalmente y para realizar el cálculo del porcentaje de efectividad al control de pudrición gris se consideró un tratamiento control en atmósfera regular (0,03% CO_2 y 21% O_2). La severidad y la prevalencia de pudrición gris se determinaron luego de 40 días a 0°C , a los 0, 3 y 5 días de exposición a 20°C . La severidad de pudrición gris se definió con una escala de 5 notas, donde la nota 1 correspondió a un fruto sano y la nota 5 pudrición gris severa (**Foto 14**).

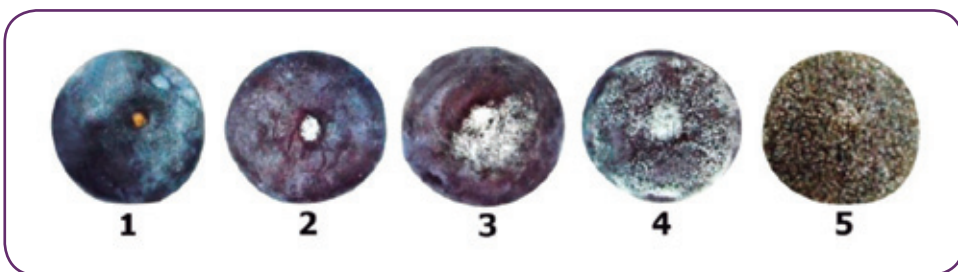


Foto 14. Escala de severidad de pudrición gris en arándanos inoculados artificialmente con suspensión conocida de conidias de *B. cinerea*.

En la Figura 13 se presentan los resultados obtenidos en el estudio. Como es posible observar luego de 40 días a 0°C , a medida que se aumentó la concentración de CO_2 en la cámara de AC la efectividad al control de *B. cinerea* también aumentó desde 32% en AC-1 (5% CO_2), a cercana al 100% al en la AC-3 (15% CO_2). Sin embargo, la nota promedio de severidad (1-5) en las tres concentraciones estudiadas no fue superior a 2,0. Luego de exposición a 20°C se observa un aumento de la severidad al desarrollo de la enfermedad

y una disminución considerable de la efectividad en todos los tratamientos de AC, luego de 3 días a 20°C la efectividad al control de pudrición gris fue de 35,6% en AC-3 y cercana 0% en los tratamientos AC-1 y AC-2. Luego de 5 días a 20°C, la efectividad de AC-3 fue de 0%.

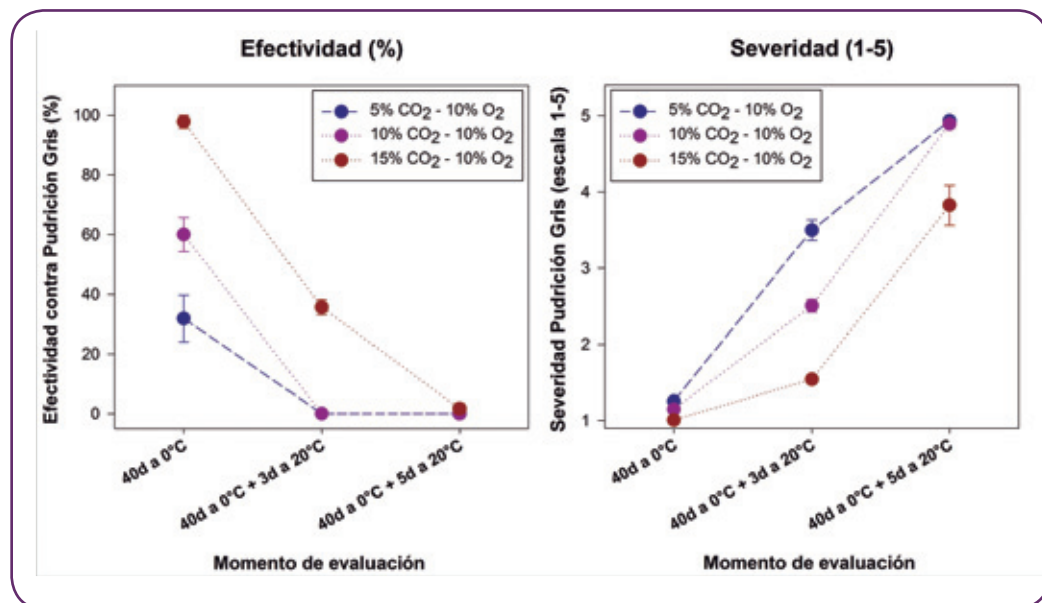


Figura 13. Efectividad al control (%) y severidad (escala 1-5) de la pudrición gris en arándanos Brigitta almacenados por 40 días a 0°C en 3 concentraciones de CO₂-O₂ en atmósfera controlada. Barras: error estándar de 4 repeticiones de 30 frutos.

Estos resultados permiten mostrar el efecto fungistático sobre *B. cinerea* generado por la atmósfera controlada, efectividad que se fue perdiendo una vez removida la fruta de la condición de AC y avance en el tiempo de exposición a 20°C.

Dado los resultados obtenidos luego de 40 días a 0°C en frutos almacenados en AC se obtuvo una regresión lineal significativa ($p < 0,001$; $r^2 = 0,96$) entre la efectividad al control de pudrición gris (eje-y) y la concentración de CO₂ en almacenaje (eje-X), (Gráfico 19). Considerando el modelo ($y = -0,87 + 6,43x$) se obtiene que una efectividad mayor al 75% se logra con valores superiores al 12% de CO₂.

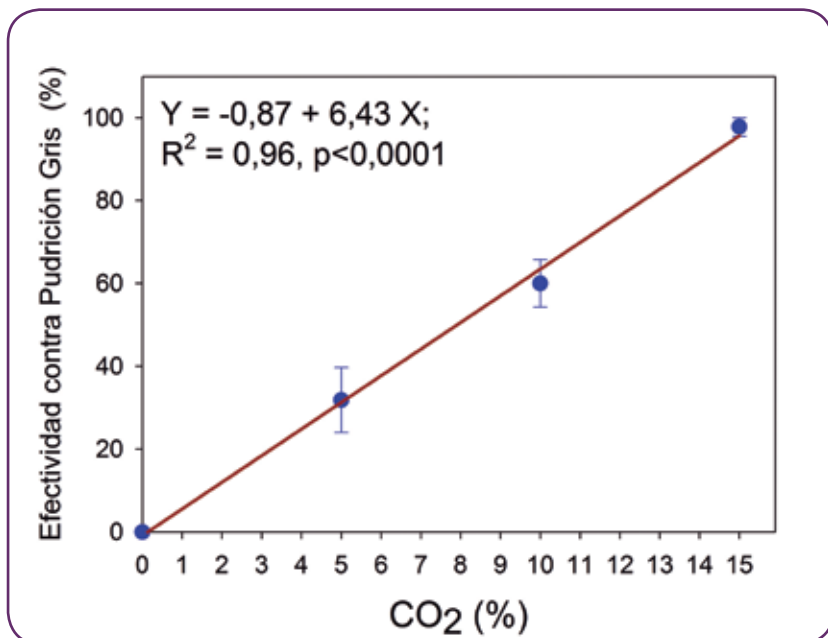


Gráfico 19. Regresión lineal para la efectividad contra la Pudrición Gris luego de 40 días a 0°C (eje-Y) en función de la concentración de CO₂ en atmósfera controlada (eje-X) en arándanos Brigitta. Barras: error estándar de 4 repeticiones de 30 frutos.

Este estudio fue acompañado por la evaluación de parámetros de calidad, como la firmeza instrumental. Considerando arándanos Brigitta no inoculados artificialmente con *B. cinerea* y expuestos a las mismas concentraciones de CO₂ por 40 días a 0°C, se determinó la firmeza instrumental con un equipo texturómetro (Gráfico 20). Como es posible observar, la firmeza instrumental determinada como fuerza máxima a la deformación de un 10% del fruto, disminuyó significativamente ($p < 0,001$) a medida que se aumentó la concentración de CO₂ desde 178,5 g-fuerza en el tratamiento AC-1 a 125,1 g-f en el tratamiento AC-3. El riesgo a que esta disminución de firmeza se vea reflejada en un aumento de los frutos blandos al tacto, dependerá fuertemente del grado de sensibilidad a CO₂ de la variedad, la firmeza basal a cosecha, el estado de madurez o senescencia de la fruta y la concentración de gases utilizada y tiempo de exposición a esta concentración. Por lo tanto, el estudio de la sensibilidad a alto CO₂ en arándanos en diferentes condiciones de cultivo es primordial.

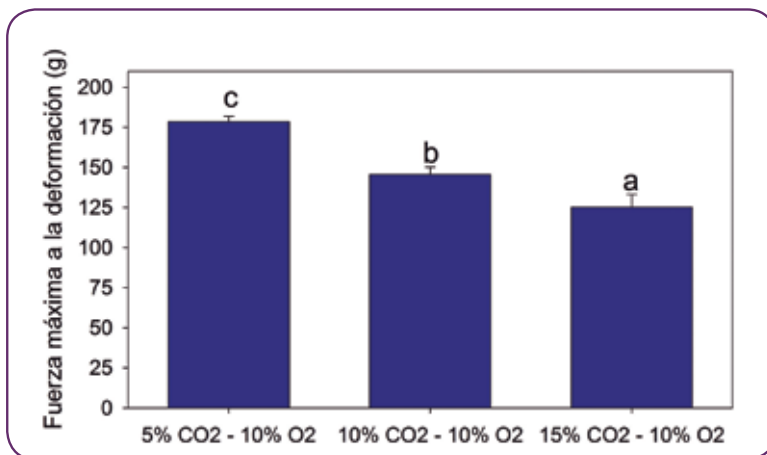


Gráfico 20. Fuerza máxima a la compresión (g) determinada con un equipo texturómetro en arándanos Brigitta almacenados por 40 días a 0°C en 3 concentraciones de CO₂-O₂ en atmósfera controlada.

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por prueba de LSD-Fisher ($p < 0,05$). Barras: error estándar de 4 repeticiones de 15 frutos.

Por último, indicar que una limitante importante de la tecnología AC en comparación a la AM es que no puede ser utilizada durante toda la cadena de almacenaje, transporte y comercialización, quedando limitada solo al tiempo de transporte dentro del contenedor. Asimismo, se debe tener siempre en cuenta que existe una sensibilidad varietal al desarrollo de efectos negativos, asociada a concentraciones altas de CO₂. A pesar del desconocimiento del comportamiento según variedad y edad del fruto, es recomendable utilizar niveles cercanos al 8-12% de CO₂ y 10% de O₂.

5.4 Recomendaciones en el uso de anhídrido sulfuroso (SO₂) en arándanos

El anhídrido sulfuroso es un gas incoloro, irritante y corrosivo, proveniente de la combustión del azufre, usado por más de 80 años en la industria de la uva de mesa para el control de la pudrición gris (*Botrytis cinerea*) de poscosecha. Utilizando la experiencia en uva de mesa como línea base, en arándanos también se han considerado dos metodologías diferentes de tratamiento con SO₂. La primera está relacionada con la efectividad de anhídrido sulfuroso para eliminar las conidias de *B. cinerea* (inóculo) presentes en la superficie del fruto por medio de una gasificación, con una concentración y tiempo de exposición conocida. Normalmente esta aplicación se realiza inmediatamente después de cosecha con fruta a granel y en condiciones de temperatura ambiente (20-25°C), con una duración de 20-30 minutos. Bajo estas condiciones Rivera *et al.* (2013) estudiaron la concentración-tiempo efectividad para el control de la pudrición gris de poscosecha, estableciendo un valor de 200-300 ppm-h para asegurar sobre un 90% de efectividad en el control. Al igual que en uva de mesa los productores y exportadoras de arándanos,

se encuentran adaptando su infraestructura y logística de operación para estandarizar y optimizar el uso de anhídrido sulfuroso en el proceso rutinario luego de cosecha. Dentro de los factores en que se debe poner especial atención, la infraestructura para el proceso de gasificación es una de las principales. Para ser exitosos en este proceso es necesario contar con una cámara hermética de volumen conocido equipada con sistema de inyección y de evacuación de SO_2 (Foto 15).



Foto 15. Cámara de gasificación con SO_2 para arándanos de exportación.

Al momento del diseño de la cámara de gasificación y con el objetivo de no sub o sobre estimar el tamaño de las cámaras es importante conocer los volúmenes de fruta que se gasificarán de manera simultánea durante la temporada. Otro factor importante a tener en consideración, es la ubicación de la cámara, ésta debe estar al aire libre, pero bajo sombreadero, respetando el decreto 157/2005 relacionado con la distancia de la instalación de la cámara respecto a los demás lugares habitados en el huerto o la central frutícola.

Por otro lado, para el diseño de la cámara se debe poner atención al flujo de aire de los ventiladores, necesario durante el proceso de gasificación. En función de la experiencia con uva de mesa, se han estandarizado valores de flujo de aire superior o cercano a los $6 \text{ m}^3/\text{min}$. Otra recomendación importante es evitar usar fruta húmeda en el proceso de gasificación, esto se debe a que el anhídrido sulfuroso es un producto que difunde a los sitios de agua libre, afectando la uniformidad de la efectividad en el control. Asimismo, el exceso de SO_2 puede generar fitotoxicidad en los frutos.

Para el cálculo de la concentración-tiempo (CT) de SO₂ necesaria se debe considerar el producto entre la concentración de SO₂ y el tiempo de exposición a dicha concentración. Por ejemplo, para obtener una concentración-tiempo de 200 ppm-h, utilizar una concentración de 200 ppm por 1 hora o una concentración de 400 ppm por sólo 30 minutos. En esta línea, siempre es recomendable chequear la concentración-tiempo de SO₂ durante el proceso de gasificación, y para esto existen varios proveedores de tubos de detección pasiva de SO₂. En Chile es posible encontrar en el mercado los tubos de detección pasiva de SO₂ de 0 a 600 ppm-h (Gastec, Japón). Al momento de postura del tubo es importante no obstruir su apertura ya que dará lecturas erróneas. Asimismo, se debe leer el tubo lo antes posible una vez abierta la cámara y evacuado el exceso de SO₂. Esto se debe a que los tubos tienden a continuar reaccionado incluso cuando no se encuentran expuestos directamente a SO₂.

Para el cálculo de la cantidad de SO₂ (g o cc) necesarios para alcanzar la CT adecuada, considerando una cámara de volumen conocido, en uva de mesa se han formulado diferentes ecuaciones, dentro de las más difundidas se encuentran la publicada por Luvisi (1992) en California, EUA. En función de lo anterior se ajustó una ecuación para el caso de arándanos gasificados a temperatura ambiente (15-20°C) la cual se presenta a continuación:

$$SO_2 \text{ (gramos)} = \left(\left(\frac{1,67 \times VL \times 35,3 \times C}{10.000.000} \right) \times 453,59 \right) + (D \times 4,0 \times 0,45)$$

Dónde:

- VL** el volumen libre de la cámara en m³ (restar el volumen ocupado por la fruta al volumen de la cámara);
- C** es la concentración constante deseada (ejemplo 900 ppm por 20 min) y
- D** corresponde a la cantidad de cajas de 1,5 kg de arándanos.

No es menor indicar que esta fórmula es una referencia para realizar el cálculo teórico de SO₂ necesario para el proceso de gasificación, muy recomendable para evaluar y ajustar la cantidad de SO₂ a utilizar con tubos de detección pasiva de SO₂, tanto en la cámara libre de fruta, como con fruta.

La segunda metodología, corresponde al uso de generadores de mantención y se relaciona con el efecto que tienen bajas concentraciones constantes de SO₂ (ejemplo 2-10 ppm) sobre el avance de la enfermedad entre frutos enfermos y sanos durante el almacenaje poscosecha. Es importante indicar que de acuerdo a estudios de Palou *et al.* (2002) en uva de mesa concentraciones pequeñas y constantes (2-3 ppm) no disminuyen considerablemente la germinación de conidias de *B. cinerea* y su posterior

inicio de infección, pero sí detienen la expresión de nidos de pudrición gris por avance de la enfermedad entre frutos enfermos y sanos. Para este objetivo se utilizan láminas de metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) que permiten la liberación de anhídrido sulfuroso en ambiente de alta humedad y al interior de la caja de fruta (normalmente acompañado de una bolsa perforada o de atmósfera modificada). En uva de mesa el uso excesivo de anhídrido sulfuroso puede generar fitotoxicidad en el racimo, afectando las bayas con sintomatologías como blanqueamiento (principalmente en variedades coloreadas como Red Globe) y microfisuras o hariline en la epidermis; además de ocasionar daños a nivel de raquis.

Para el caso de los arándanos las sintomatologías al mal uso de SO_2 se relacionan con toxicidad a nivel de la herida pedicelar en el fruto. Estos síntomas se describen como un ensanchamiento y cambio de color (blanqueamiento) de la cavidad pedicelar (Foto 16). En condiciones de mayor severidad se puede percibir ablandamiento del fruto y los síntomas pueden comprometer la pulpa observándose cambio de color en las zonas adyacentes a la cavidad pedicelar. Como se comentó anteriormente, la liberación de anhídrido sulfuroso se activa en función de la humedad relativa en el ambiente; por lo tanto cambios bruscos de temperatura pueden generar condiciones de agua libre, provocando liberaciones excesivas de SO_2 que pueden ocasionar los síntomas descritos.



Foto 16. Síntomas visuales de exceso de SO_2 , muestra toxicidad leves (izquierda) y toxicidad severa (derecha).

Utilizando las experiencias en uva de mesa como línea base, en la Unidad de Poscosecha del Centro Regional INIA La Platina se evaluó el uso de dos generadores de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ de distintos proveedores (G-1 y G-2) en dos condiciones de bolsa diferente, alta humedad (AH) y bolsa perforada 0,9% (BP) en arándanos Legacy almacenados por 45 días a 0°C más 2 días a 20°C . Pocillos de 125 g se inocularon artificialmente con una baya con síntomas de *B. cinerea*, previo a la exposición de los tratamientos con el objetivo de determinar el efecto de los tratamientos sobre la pudrición gris. Adicionalmente se evaluó la prevalencia o porcentaje de frutos afectados con signos de hongos creciendo

en la herida pedicelar. Este estudio incluyó un análisis de tipo factorial, donde el factor 1 correspondió al tipo de bolsa utilizado y el factor 2 al proveedor de generador de mantención.

En el Cuadro 72, se describen los resultados obtenidos en relación a la prevalencia de pudrición gris y de hongos creciendo sobre la herida pedicelar. Asimismo, se incluye el valor-p obtenido en el análisis de la varianza (ANDEVA).

Cuadro 72. Efecto del uso de dos proveedores diferentes de generadores de SO₂ (SO₂-G1 y SO₂-G2) y envases (alta humedad y bolsa perforada 0,9%) sobre la prevalencia de pudrición gris y hongos creciendo sobre la herida pedicelar de cosecha en arándanos Elliot inoculados artificialmente con *B. cinérea* y almacenados por 45 días a 0°C más dos días a 20°C.

Tratamiento	Pudrición gris (%)	Hongo en herida pedicelar (%)
AH + SO ₂ -G1	13,0	1,4
AH + SO ₂ -G2	28,4	1,6
BP + SO ₂ -G1	19,4	2,3
BP + SO ₂ -G2	38,7	2,8
Efectos principales		
Bolsa AH	20,7	1,5 a
Bolsa P	29,0	2,6 b
	n.s.	
SO ₂ -G1	16,2 a	1,9
SO ₂ -G2	33,6 b	2,2
		n.s.
Análisis de la varianza (valor –p)		
Tipo de bolsa	0,062	0,027
Proveedor del generador	0,003	0,388
Bolsa x Proveedor	0,858	0,923

Letras minúsculas distintas indican diferencias significativas por prueba de Fisher (p<0,05). n.s. = no significativo (p>0,05).



Como es posible observar la prevalencia de pudrición gris varió desde 13% en el tratamiento AH+SO₂-G1 a 38,7% en BP+SO₂-G2; asimismo la prevalencia de hongos en la herida pedicelar aumentó de 1,4% AH+SO₂-G1 a 2,8% en BP+SO₂-G2. Sin embargo, las variables evaluadas no fueron significativamente afectadas por la interacción de ambos factores, pero sí por el tipo de generador ($p=0,003$) para el caso de la pudrición gris, y por el tipo de bolsas ($p=0,027$) para hongos en la herida pedicelar. Por lo tanto, es posible indicar que se observaron diferencias significativas en el control de la pudrición gris entre tipos de generadores, independiente del tipo de bolsa utilizada.

En contra posición, el tipo de bolsa afectó la prevalencia de hongos en la herida pedicelar, la cual fue mayor en la bolsa perforada independiente del tipo de generador. Por otro lado, es importante señalar que se determinó la concentración de SO₂ durante el almacenaje. Para el caso del generador 1 se obtuvo un valor promedio de concentración-tiempo (CT) acumulado de 2.840 ppm-h; y para el caso del generador 2 un valor promedio de CT de 1.060 ppm-h.

Asimismo, al considerar el promedio de ambos generadores según el tipo de bolsa utilizada, se puede observar un valor promedio de CT de 2.900 ppm-h para la bolsa de alta humedad y de 900 ppm-h para la bolsa perforada. Esta información permite explicar las diferencias observadas en el control de hongos y pudriciones. De igual modo, permiten indicar que la acumulación de SO₂ al interior del envase no solo depende del tipo de generador utilizado, sino también del tipo de bolsa usada. Por lo tanto, ante un mal manejo de la tecnología (ejemplo quiebres térmicos) en bolsas de alta humedad se aumenta considerablemente los riesgo de generar fitotoxicidad y ablandamiento de los frutos en comparación a bolsas perforadas.

Para el caso de arándanos, ambos tratamientos con SO₂ (gasificación inicial y generadores de mantención) se encuentran disponibles y han sido o están siendo integrados por productores y exportadoras. Sin embargo, la realidad es completamente diferente a la uva de mesa, debido a que los productores de arándanos se enfrentan a una tecnología parcial o completamente nueva, sobre todo en zonas productivas del sur de Chile, donde existe un nulo o leve diálogo con la industria de producción de uva de mesa.

De esta manera productores y empresas exportadoras han debido o deberán adaptar su cadena de producción para facilitar el desarrollo y optimización de estos tratamientos. Si bien corresponde a una alternativa efectiva para el control de pudrición gris, un mal manejo de esta tecnología en arándanos, generando exposiciones excesivas a SO₂ por períodos prolongados pueden causar daños en diversos niveles. Asimismo, es importante señalar que para el caso de fruta fresca de exportación el uso de anhídrido sulfuroso se encuentra solamente registrado en uva de mesa para su exportación a EUA, respetando una concentración máxima de residuos de 10 ppm (EPA, 1986). Es probable que una vez registrado el producto para su uso en arándanos exportados a EUA, se respete una normativa similar en relación a los residuos de SO₂ permitidos en uva de mesa.

Literatura Citada

EPA, 1986. Interim policy for sulfating agents on grapes. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) Federal Register 51, 47240–47241.

Luvisi, D. 1992. Sulfur Dioxide Fumigation of table grapes. 21 p. Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, CA, USA.

Palou, L., Crisosto, C., Garner, D., Basinal, L.M., Smilanick, J.L., Zoffoli, J.P. 2002. Minimum constant sulfur dioxide emission rates to control gray mold of cold-stored table grapes. *Am. J. Enol. Vitic.* 53(2):110-115.

Paniagua, A.C., A.R. East, J.P. Hindmarsh, and J.A. Heyes. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biol. Technol.* (79):13-19.

Rivera S.A., B.A. Latorre and J.P. Zoffoli. 2013. Determination of optimal sulphur dioxide time and concentration product for postharvest control of gray mold of blueberry fruit. *Postharvest Biol. Technol.* (83):40-46.

Smilanick, J.L., Henson, D.J., 1992. Minimum gaseous sulfur dioxide concentrations and exposure periods to control *Botrytis cinerea*. *Crop Protect.* (11): 535–540.

