



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

Efectos del intervalo de cosecha en arándanos cv. Brigitta sobre la homogeneidad de firmeza y proporción de fruta blanda, de acuerdo con la posición de la fruta en la planta, en cosecha y postcosecha

MEMORIA DE TÍTULO

OSCAR HERNÁN PEÑALOZA BARRERA

TALCA, CHILE

2020

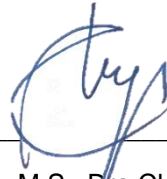
CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2020

APROBACIÓN:



Profesor Co-Guía

Ing. Agrónoma, M.S., Dra Claudia Moggia Lucchini
Profesor Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca



Profesor Co-Guía

Ing. Agrónomo, Dr. Gustavo Lobos Prats
Profesor Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 04 de noviembre del 2020

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a mi madre, Irma, quien es el ejemplo vivo de la resiliencia, fortaleza y amor desinteresado, la cual me ha entregado todo su apoyo en esta etapa universitaria y quien creyó en mí en todo momento. También, a mi hermano Cristian, la persona más inteligente que he conocido y un apoyo incondicional en los momentos más difíciles. Gracias a ellos he logrado todos mis proyectos personales y esta carrera.

A mis profesores Gustavo y Claudia, y todo el equipo detrás, especialmente a Marcelo; muchas gracias por la oportunidad de trabajar junto a ustedes y ser tan generosos para compartir el conocimiento. Infinitamente agradecido del apoyo recibido estos años de tesista, a pesar de las circunstancias adversas.

A mis amigos de la universidad, me quedo con los mejores recuerdos de la vida. Todos los eclipseds, los opens, las oncecitas, las prácticas, todo el cariño y las risas de sobra.

A mis familiares, abuelos, papá, tíos y primos siempre dispuestos a dar una mano en cuanto fue necesario.

Cómo no agradecer a mis grandes amigos de la vida, los que siempre estuvieron con su compañía, apoyo, escucha y cariño a pesar de estar a 700 km, los adoro a cada uno de ustedes: Vanessa, Kathy, Fran, Danieleles, Samy, Pancho, Javi, Elías y Sari.

Por siempre agradecido de la vida y esta oportunidad...

RESUMEN

Los arándanos frescos chilenos exportados deben soportar largas distancias para llegar a los principales mercados, por lo que el potencial de guarda debe ser lo suficiente para mantener la calidad de los frutos. Debido a que el índice de cosecha sigue siendo el color de cubrimiento 100% azul, en los predios suele haber una gran variabilidad de fruta en cada cosecha ya que se intenta acumular los frutos maduros en la planta, y así disminuir las labores de cosecha. Es sabido que el momento de cosecha es determinante para la calidad de la fruta en postcosecha, por lo que esta práctica puede tener efectos negativos sobre la conservación de los frutos. Debido a esto, se estudió el efecto de una frecuencia de cosecha sugerida (3 d) y una frecuencia tradicional (9 d) sobre la firmeza de los frutos y la heterogeneidad de ésta en cosecha y en postcosecha, considerando además la posición del fruto en el dosel. De este modo, se comparó la primera (3x1) y tercera (3x3) cosecha de 3 d con una primera de 9 d (9x1). Los resultados demostraron que, en términos de heterogeneidad, al momento de la cosecha no se observan diferencias mientras que, en postcosecha, 3x1 mostró una generación de frutos significativamente más homogénea. La orientación del racimo fue significativa para la firmeza, con valores levemente inferiores en el lado poniente. Con respecto a la firmeza, 3x3 presentó los valores más altos tanto con cosecha como en postcosecha. Por el contrario, 9x1 mostró la generación de fruta con mayores porcentajes de fruta blanda (35 a 54%) luego de almacenada. Intervalos de cosecha cortos bajan la probabilidad de obtener frutos sobremaduros por lo que pueden ser una buena alternativa para la conservación del fruto al momento de ser exportados. Palabras claves: Arándano, intervalo de cosecha, firmeza, postcosecha.

ABSTRACT

Fresh Chilean blueberries need to endure long distances in order to reach the main markets, which is why storage potential should be enough to maintain the quality of the product. Due to the harvest index being a coverage color of 100% blue, there usually is a great variability of berries in each harvest. This happens because there's an attempt of keeping the ripe berry on the plant, as a way to diminish harvest labour. It is well known that the moment in which the harvest is done will determine the berry's post-harvest quality, therefore this practice can carry negative effects over its preservation. In view of the previous information, a 3-day frequency harvest versus a traditional 9-day frequency harvest were studied, the focus considered the effect each frequency had over the firmness and heterogeneity presented by the berry in both harvest and post-harvest, and taking into account the position of the berry on the plant. In this way, the first (3x1) and third (3x3) harvests of 3-day frequency harvest were compared to the first harvest (9x1) of 9-day frequency harvest. Results showed that in terms of heterogeneity, differences weren't observed during harvest, whereas during post-harvest 3x1 showed a batch of fruits significantly more homogeneous. The orientation of the bunch of berries was significant to its firmness, with values slightly lower in the west side. Regarding the firmness, 3x3 presented the highest values both during harvest and post-harvest. On the contrary, 9x1 showed the generation of berries with the highest percentages of soft berries (35-54%) after being stored. Short harvest intervals lower the chances of getting over-mature berries, which makes them a great alternative for berry conservation when being exported. Key words: Blueberry, harvest interval, firmness, post-harvest.

ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Hipótesis.	2
1.2. Objetivo general.	2
1.3. Objetivos específicos.	2
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Aspectos generales.....	3
2.2. Mercado a nivel nacional y mundial	3
2.3. Calidad de la fruta	4
2.3.1. Color y sabor	4
2.3.2. Firmeza	5
2.4 Factores que afectan la calidad de la fruta en postcosecha.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS	8
3.1 Localización del ensayo y material vegetal	8
3.2 Ensayo y evaluaciones.....	8
3.3 Diseño experimental y análisis estadístico	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
5. CONCLUSIONES	14
6. BIBLIOGRAFÍA	15

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 4

	Pág.
Cuadro 4.1	10
Análisis de varianza para los valores de coeficiente de variación (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar 'Brigitta' provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).	
Cuadro 4.2	11
Análisis de varianza para la firmeza (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar 'Brigitta' provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).	
Cuadro 4.3	12
Análisis de varianza para el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm ⁻¹) (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar 'Brigitta' provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).	

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 4

	Pág.
Figura 4.1	13
Distribución de frecuencias acumuladas de firmeza (g mm ⁻¹) acorde a dos intervalos de cosecha (3 y 9 d) y tres momentos de muestreo: i) primera cosecha de 3 d (3x1 en azul); ii) tercera cosecha de 3 d (3x3 en verde); y iii) primera cosecha de 9 d (9x1 en rojo). Las líneas continuas y discontinuas representan la posición del fruto en la planta (oriente y poniente, respectivamente). Para una mejor comprensión del estado de madurez de los frutos analizados, cada distribución se acompaña de una etiqueta con la relación SST/AT y la firmeza promedio de la muestra; sólo para efectos referenciales, se dibuja línea vertical gris en 140 g mm ⁻¹ .	

1. INTRODUCCIÓN

El arándano de arbusto alto (AAA: *Vaccinium corymbosum* L.) es una especie nativa del hemisferio norte, perteneciente a la familia Ericaceae (González y Gloria, 2017). Introducidos a Chile a principios de los ochenta (Retamales y Hancock, 2012), los AAA han tenido un importante crecimiento en superficie plantada en nuestro país (Comité de Arándanos de Chile, 2016).

Debido a que casi el 85% de la producción chilena se exporta (CIREN, 2016), es esencial asegurar la mejor calidad al momento de llegar a los mercados de destino. Los principales aspectos que se utilizan para definir la calidad del fruto de arándano son su apariencia, color, sabor, calibre y firmeza (Undurraga y Vargas, 2013); este último es uno de los más importantes ya que es el que más influye en la aceptación del consumidor (NeSmith et al., 2002). Desde que el fruto es cosechado hasta ser consumido pueden transcurrir fácilmente de 25 a 60 días dependiendo de la lejanía del mercado de destino, y éste debe estar aceptable para el comprador.

En general, los arándanos maduran en un periodo de tres a cuatro semanas y el índice de cosecha utilizado es el color de cubrimiento (100% azul) (Lobos et al., 2018). Debido a esto, dentro de cada unidad de exportación existen frutos con un amplio rango de madurez fisiológica y esto puede generar rechazos en destino debido a la gran variabilidad en las características de los frutos. Además, dentro de la planta, se han comprobado fluctuaciones macro y microclimáticas importantes, las que dependiendo de las condiciones medioambientales de la temporada pueden aumentar la heterogeneidad de los frutos y generar pérdidas importantes en destino.

En la búsqueda de alternativas para lograr envíos de AAA más firmes y con menor variabilidad, en este trabajo se plantea estudiar el efecto del intervalo de cosecha como un factor relevante sobre el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm^{-1}) y la homogeneidad de la fruta en destino.

1.1. Hipótesis.

El intervalo de cosecha, tiempo transcurrido entre dos cosechas consecutivas en la misma planta, está en estrecha asociación con el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm⁻¹). Así, en la medida que el intervalo de cosecha sea menor, también lo será la heterogeneidad dentro del clamshell y la proporción de fruta blanda, al momento de cosecha y en postcosecha.

1.2. Objetivo general.

Estudiar el efecto del intervalo de cosecha sobre la heterogeneidad de la firmeza dentro del clamshell y el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm⁻¹), según la posición de la fruta en la planta, en cosecha y postcosecha (45 d) en arándanos cultivar Brigitta.

1.3. Objetivos específicos.

1. Evaluar el efecto de dos intervalos de cosecha (cada 3 y 9 días) sobre la heterogeneidad en firmeza dentro del clamshell en cosecha y postcosecha.
2. Determinar el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm⁻¹) asociada a cada intervalo de cosecha, tanto en cosecha como después de 45 d de almacenaje.
3. Identificar si existen diferencias en los análisis de acuerdo con la posición del fruto en la planta.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Aspectos generales

El arándano pertenece a la familia Ericaceae, género *Vaccinium*, donde existen tres especies que se consumen tanto en fresco como congelados: arándano de arbusto alto (*Vaccinium corymbosum* L.), arándano ojo de conejo (*V. ashei* R.) y el arándano de arbusto bajo (*V. angustifolium*) (Retamales y Hancock, 2012).

La especie comercial más importante corresponde al arándano de arbusto alto. Originario de Norteamérica, fue introducido en Chile a principios de la década de los ochenta (Buzeta, 1997) y representa más del 80% de las especies de arándanos cultivados (González y Gloria, 2017). Los frutos corresponden a bayas de color azul recubiertas de un estrato o capa protectora de pruina, denominada “bloom” (González et al, 2013).

En nuestro país hay más de 18.000 ha cultivadas, siendo los principales cultivares ‘Duke’, ‘Legacy’, y ‘Brigitta’ (Larrañaga y Osoreo, 2019). Duke se caracteriza por ser un cultivar muy productivo, con fruta firme, calibre grande y uniforme (González y Gloria, 2017). Por su parte, ‘Brigitta’ es un cultivar muy productivo, con frutos de gran tamaño, firmes (menor que ‘Duke’), dulces y con una menor pérdida de firmeza que ‘Duke’ durante almacenamiento (Retamales y Hancock, 2012; Moggia et al., 2017). En los últimos años, el cultivar ‘Brigitta’ se ha visto afectada por las altas temperaturas registradas cercanas a cosecha y las lluvias durante el verano, lo que genera ablandamiento prematuro y partiduras en la fruta (Borlando, 2012; González y Gloria, 2017).

2.2. Mercado a nivel nacional y mundial

A consecuencia del aumento del consumo de productos con propiedades antioxidantes en los últimos años, la producción global de arándanos ha incrementado significativamente (González, 2017); además poseen alto contenido de antocianinas con posibles efectos benéficos contra diversas enfermedades crónicas (Routray y Orsat, 2011; Pojer et al., 2013).

Desde su introducción y hasta la temporada 2018/2019, Chile fue el productor y exportador más importante del hemisferio sur (Quiroz et al., 2020). Para la temporada 2019/2020 se exportó alrededor de 109.000 toneladas y los principales mercados de destino fueron Norteamérica (52%), Europa (32%) y Lejano Oriente (15%), siendo China el gran consumidor en este último (Muñoz, 2019; ASOEX, 2020).

Sin embargo, el desarrollo de la competencia no ha pasado desapercibido. Según datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), Perú es el nuevo líder del hemisferio sur. A lo anterior, se suma que la temporada 2019/2020 se registraron los precios más bajos de los últimos 20 años para la fruta chilena en EE. UU. (Portal frutícola, 2020), por lo que se vuelve inevitable competir con calidad más que con cantidad (Pinto, 2018).

2.3. Calidad de la fruta

La calidad está definida por un conjunto de atributos y características que otorgan a un producto superioridad ante otros, lo que posteriormente se refleja en la preferencia del consumidor (Kader, 1999). En el caso del arándano, las características más relevantes para el consumidor corresponden al color, la firmeza y la ausencia de daños visibles (Retamales y Hancock, 2012; Lobos et al., 2014). Otros atributos de calidad son el tamaño, la presencia de cera o “bloom” en la superficie de la baya, tamaño de la cicatriz, presencia de pudriciones y un contenido adecuado de azúcares, ácidos y compuestos volátiles relacionados con el aroma de la fruta (Retamales y Hancock, 2012; Defilippi et al., 2017). Los arándanos son altamente perecibles, por lo tanto, llegar con la mejor calidad a los mercados de destino es clave para asegurar mayores retornos económicos (Beaudry et al., 1998; Retamales et al., 2014).

La mayor parte de la fruta de exportación chilena es enviada vía marítima, con viajes que duran entre 20 a 50 días, dependiendo el destino (Moggia et al., 2017). Por esta razón, se propone implementar medidas como la renovación de variedades por otras con características superiores, prácticas en el manejo del huerto y de la cosecha para obtener una mayor homogeneidad y firmeza, entre otras, para así preservar la fruta por más tiempo, permitiendo llegar a mercados lejanos como China, EE. UU. o Europa con fruta fresca en buena condición y calidad (ASOEX, 2019).

2.3.1. Color y sabor

La intensidad de color y el sabor son características importantes de los arándanos (González y Gloria, 2017). El color del arándano es un atributo que influencia la preferencia del consumidor, y es determinado por las antocianinas contenidas en la piel del fruto y por la cantidad y estructura de las ceras o “bloom” (Retamales y Hancock, 2012). La presencia de ceras es importante para evitar la deshidratación del fruto y para mantener las cualidades sensoriales y nutricionales de la fruta, principalmente debido a que impide la acumulación de especies reactivas de oxígeno en la fruta (Chu et al., 2018).

El sabor del fruto está determinado, principalmente, por la concentración de azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos esenciales y carotenoides (Shakya y Lal, 2018). El contenido de sólidos solubles totales (SST) es un atributo de calidad que indica el porcentaje de azúcar contenido en la fruta y se incrementa durante el proceso de maduración del fruto debido al aumento de azúcares reductores (Forney et al., 2012); principalmente, glucosa y fructosa (Retamales y Hancock, 2012; Milivojevic et al., 2012). Por otro lado, el contenido de ácidos orgánicos o acidez titulable (AT) disminuye con la madurez, siendo alrededor de un 54 - 60% menor en arándanos maduros, con relación a los inmaduros (Kalt y McDonald, 1996; Forney et al., 2012). La composición final alcanza valores dentro del rango de 1-2%, siendo el ácido cítrico el principal ácido orgánico y responsable de la percepción del dulzor del fruto (Retamales y Hancock, 2012).

La relación entre los SST/AT resulta ser un buen indicador de la vida en postcosecha de los frutos (Retamales y Hancock, 2012). Un bajo valor SST/AT está asociado a una buena calidad de almacenamiento (Ballinger y Kushman, 1970). En relación a los valores SST/AT, Galleta et al. (1971) establecieron tres categorías para el potencial de viaje en arándanos: (i) < 18: buen potencial de guarda; (ii) 18 – 32: intermedio; y (iii) > 32: bajo potencial de guarda.

2.3.2. Firmeza

La firmeza de la fruta es una característica importante en el mercado de destino (Timm et al., 1996), siendo un atributo clave en la textura de la fruta, que influencia la preferencia del consumidor final (NeSmith et al., 2002). Como para muchas otras especies frutales, arándanos firmes pueden responder de mejor manera al viaje y, por lo tanto, tendrán un potencial de almacenaje mayor, pudiendo alcanzar destinos más lejanos (Hanson et al., 1993; Yu et al., 2014; Retamales y Hancock, 2012). La firmeza del fruto está determinada en gran medida por la anatomía del tejido, como el tamaño, forma y conformación de las células, la adhesión entre ellas, la turgencia y el espesor de la pared celular (Toivonen y Brummell, 2008).

El ablandamiento de la fruta es uno de los aspectos más limitante en la exportación de fruta fresca (Vicente et al., 2007) y puede ocurrir por diversas causas. La firmeza de los arándanos puede variar bastante entre cultivares, pero está estrechamente relacionada a la maduración del fruto (Ballinger et al., 1973; Beaudry, 1992; Vicente et al., 2007; Lobos et al., 2014; Moggia et al., 2017) y la degradación natural de los componentes de la pared celular (pectina, celulosa y hemicelulosa) (Toivonen y Brummell, 2008; Retamales y Hancock, 2012). Estudios demuestran que fruta que queda en la planta luego de alcanzar su madurez fisiológica, sobremaduran y pierden firmeza en un par de días, lo que limita su potencial de guarda. (Lobos et al., 2014; Moggia et al., 2018). Por otro lado, el tamaño de la cicatriz calicinal del fruto también está asociada a la

pérdida de agua y posterior ablandamiento de frutos; el tamaño de la cicatriz del arándano influye negativamente en la firmeza de la fruta almacenada (Moggia et al., 2017).

2.4 Factores que afectan la calidad de la fruta en postcosecha

El arándano es un fruto con naturaleza climatérico, es decir, que presenta un alza de etileno y de respiración durante la madurez (Defilippi et al., 2017). Pero, a diferencia de otros frutos climatéricos, las características organolépticas del arándano no mejoran si es cosechado sin alcanzar la madurez fisiológica (Mitcham et al., 1998, Defilippi et al., 2017). Por esta razón, la madurez al momento de la cosecha está en estrecha relación con la calidad y el potencial de guarda de la fruta (Lobos et al., 2018).

Para el caso de los arándanos, el único índice de cosecha utilizado por la industria es un 100% de color azul, lo que, unido a una madurez heterogénea dentro del racimo y la planta, implica coleccionar frutos con un amplio rango de madurez fisiológica en cada recolección (Lobos et al., 2018). Si a lo anterior se suman las diferencias encontradas entre ambas caras de la planta (oriente y poniente) (Lobos et al., 2018), es posible inferir que la calidad de los frutos sea muy variable al momento de la cosecha y que durante el almacenaje se intensificará. Por lo mismo, es importante considerar todo manejo de postcosecha que disminuya el deterioro de la fruta, pues una vez cosechada, la calidad del arándano no puede ser mejorada (Forney, 2009).

La temperatura es un factor importante que afecta negativamente la cosecha del arándano y se debe considerar para evitar el ablandamiento de la fruta al momento de cosechar (González et al., 2013). En un ensayo realizado con arándanos del cv. 'Brigitta', Torres (2013) señala que la fruta cosechada durante la mañana con temperaturas bajas posee valores mayores de firmeza que aquellos cosechados en la tarde con temperaturas más altas, similar a lo señalado por Figueroa et al. (2010) en su estudio con cvs. 'Berkeley', 'Brigitta' y 'Elliot'. Cosechas realizadas con altas temperaturas (> 29°C), provocan pérdidas de peso y disminución en la firmeza de los frutos (González et al., 2013). Una vez cosechada la fruta debe ser enfriada lo más pronto posible y ser almacenada en cámaras de frío para disminuir la tasa respiratoria y la proliferación de hongos, y así reducir su deterioro (Forney, 2009; Retamales y Hancock, 2012). Además, el uso de atmósfera controlada (AC) en el almacenamiento ayuda a alargar la vida de frutos en postcosecha. Alsmairat et al. (2011) estudió la incidencia de AC en 9 cultivares y confirmó que 'Brigitta', 'Duke', 'Toro', 'Legacy' y 'Liberty' se mostraron muy adecuados para almacenamientos prolongados con AC.

La asincronía de la madurez dentro del racimo y la planta obliga a cosechar múltiples veces cada planta. Debido a que las cosechas duran en general varias semanas, la heterogeneidad podría verse intensificada y las características de los frutos varían entre cada cosecha (Zorenč et al., 2016). En un ensayo en donde se evaluaron atributos de calidad de dos cultivares de arándanos ojo de conejo ('Bluegem' y 'Tifblue') cosechados con intervalos de 15 días, se reportó que, luego de 30 días de almacenamiento, la firmeza de los frutos muestreados en la primera colecta fueron un 35 - 50% mayor que los medidos en la segunda oportunidad (Basiouny y Chen, 1988). Otros resultados como los de Zorenč et al. (2016), muestran que el peso de los frutos disminuye a lo largo de las cosechas de la temporada y, si bien el cultivar es el factor que más influye en la composición final de la fruta, las condiciones medioambientales también afectan la acumulación de componentes bioquímicos durante la cosecha.

Debido a que los factores que afectan la calidad de los arándanos son numerosos, y la cosecha es el momento más decisivo para asegurar una buena postcosecha, algunos autores sugieren acortar el número de días entre cada cosecha para obtener fruta más homogénea y, por lo tanto, de mejor calidad (Defilippi et al., 2017; Moggia et al., 2018)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del ensayo y material vegetal

El ensayo se realizó en un huerto comercial (Mercedes) de la empresa AMS Family S.A., ubicado en la comuna de Río Claro, Región del Maule, Chile (35°15' 33.80" S; 71°14'17.70" E; 339 m s.n.m.; orientación N-S: 331.75°), durante la temporada 2017-18.

El cultivar utilizado fue 'Brigitta' (año de plantación 2005) y su fruta analizada en el Laboratorio de Ecofisiología Frutal, Centro de Mejoramiento y Fenómica Vegetal, Universidad de Talca, Talca, Chile. La polinización utilizada fue con abejas (*Apis mellifera*), considerando 8 colmenas ha⁻¹.

3.2 Ensayo y evaluaciones

Después de un primer floreo, cuando las plantas tenían un 30% de fruta madura, se estudió el efecto de una frecuencia de cosecha sugerida (3 d) sobre aquella que se realiza de manera tradicional (9 d por la disponibilidad de mano de obra en este cultivo), diferenciando la proveniente del lado oriente y poniente de la planta. Del tratamiento de 3 días se logró cosechar 5 veces hasta dejar la planta sin fruta, mientras que para el tratamiento de 9 días se logró cosechar 3 veces; así, se comparó la primera (3x1) y tercera (3x3) cosecha de 3 d con una primera de 9 d (9x1). Por cada tratamiento, se establecieron cuatro repeticiones compuestas, a su vez, por cuatro plantas que fueron cosechadas de manera conjunta. De cada repetición se generaron cuatro clamshells o pocillos (125 g). Dos de estos se usaron para caracterizar el efecto del intervalo de cosecha el día de la recolección de la fruta, mientras que los otros dos después de 45 d de almacenamiento en frío convencional (0 °C y Humedad Relativa (HR) 90-95%). En ambas fechas, se realizaron las siguientes evaluaciones a 100 frutos por orientación separados en cuatro subseries de 25 frutos:

- **Firmeza (g mm⁻¹):** en frutos individuales mediante equipo FirmTech 2 (Bioworks, Inc., Wamego, KS, EE. UU.), definiendo umbrales de cargas de 0,15 y 2,0 N, con una tasa de compresión de 6 mm s⁻¹ (Moggia et al., 2017).
- **Peso de fruto (g):** en frutos individuales por medio de balanza digital WTB 2000 (Radwag, Radom, Polonia).
- **Diámetro (mm):** en la zona ecuatorial de frutos individuales utilizando pie de metro digital CALDI-6MP (Truper, México).
- **Color:** con un colorímetro portátil CM-700d (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., Ramsey, NJ, EE. UU.) se midió, en frutos individuales, los valores L*, a* y b* con y sin cera a la altura del ecuador del fruto.

- **Sólidos solubles (°Brix):** para cada serie de frutas, cinco frutos fueron licuados y medidos con refractómetro óptico termo-compensado (Master-T, Atago, Tokyo, Japón).
- **Acidez titulable (% de ácido cítrico):** la anterior solución se diluyó con agua bi-distilada (igual proporción) y se tituló (TritoLine easy, SI Analytics GmbH, College Station, TX, EE. UU.) con hidróxido de sodio (NaOH 0,1N), determinándose el gasto hasta lograr un pH de 8,2 (Mitcham et al., 1996), calculándose el porcentaje de ácido mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ácido (\%)} = \frac{ml \ N \ meq}{g} 100$$

donde; Ácido (%): porcentaje del ácido que predomina; ml: mililitros de NaOH utilizados para alcanzar un pH de 8,2; N: normalidad de NaOH (0,1); meq: miliequivalentes del ácido en que se expresará el resultado (ác. cítrico: 0,064); g: peso de la muestra en gramos.

3.3 Diseño experimental y análisis estadístico

El ensayo se llevó a cabo en un diseño completamente al azar.

Para la evaluación del grado de heterogeneidad de la firmeza se analizaron los coeficientes de variación. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), previa verificación de homogeneidad de las varianzas (Test de Levene) y posteriormente una separación de medias mediante la prueba LSD (valor-p <0,095)

Para la comparación de la proporción de fruta blanda, se estudiaron las frecuencias acumuladas de fruta con firmeza igual o inferior a 140 g mm⁻¹; de acuerdo con la experiencia del grupo de estudio. Los datos recolectados fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA), previa verificación de homogeneidad de las varianzas (Test de Levene) y separación de medias mediante a la prueba LSD (95% de confianza).

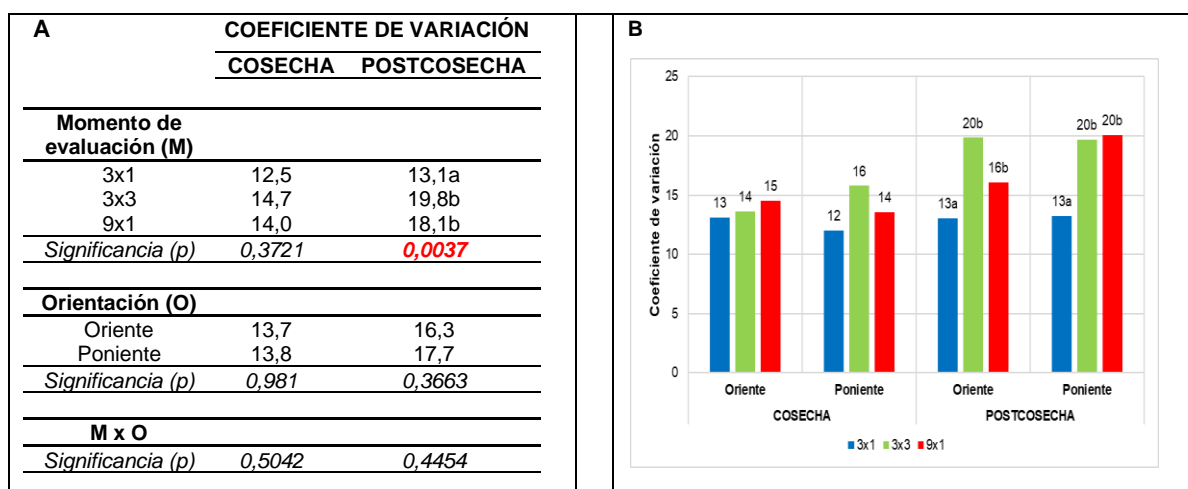
Todo el análisis se realizó con el software Statgraphics Centurion ® XVI (versión 16.1.03, Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, EE. UU.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Intervalo de cosecha sobre la firmeza y su heterogeneidad

Como primera observación, todas las evaluaciones (cosecha y postcosecha) muestran coeficientes de variación que pudieran ser considerados dentro de un rango aceptable (Cuadro 1) (Patel et al., 2001). El análisis no mostró una interacción entre los factores estudiados, encontrándose una mayor homogeneidad solo en la postcosecha, en el muestreo correspondiente a 3x1 (Fig. 1). Producto que, en comparación a 9x1, en la primera cosecha de tres días (3x1) hay una menor proporción de fruta madura, también existe una menor probabilidad de cosechar frutos en un mayor estado de madurez, disminuyendo con esto la variabilidad asociada.

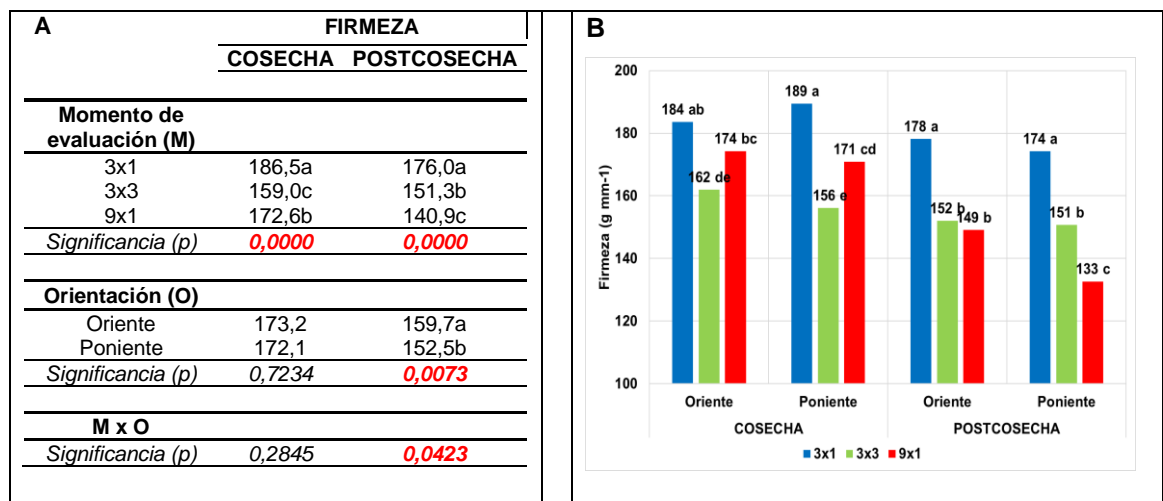
Cuadro 1. Análisis de varianza para los coeficientes de variación de los valores de firmeza (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar 'Brigitta' provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).



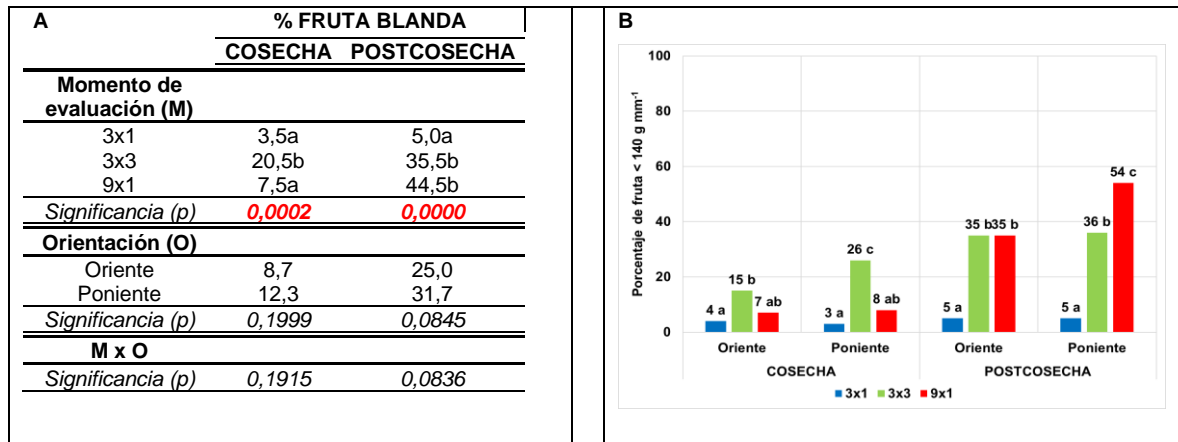
Al estudiar los análisis de varianza para la firmeza y del porcentaje de frutos blandos (Cuadros 2 y 3, respectivamente), se desprende que existiría interacción entre el momento de muestreo y la posición de la fruta en la planta, sólo para la firmeza en postcosecha; no obstante, el porcentaje de frutos blandos arrojó un valor p cercano al límite para rechazar, por lo que se discute su separación de medias por LSD.

Por su parte, la orientación del racimo fue significativo para la firmeza en postcosecha, con valores levemente inferiores en el lado poniente; el diferencial entre ambas caras no es suficiente para ser detectado por un evaluador entrenado (artículo en elaboración por los profesores co-guía). Para el momento de muestreo, los resultados a cosecha son consistentes, la peor condición se encontró en la tercera cosecha cada 3 d (3x3) (Cuadros 2 y 3); sin embargo, en la postcosecha fue diferente. Como era de esperar, para ambas aproximaciones (Cuadros 2 y 3), el primer momento de muestreo para las cosechas cada 3 d (3x1), correspondió a fruta más firme o lotes con una menor proporción de blandos. Respecto de 3x3 y 9x1, no se diferenciaron en el porcentaje de fruta blanda, mientras que el primero generó la fruta con menor firmeza promedio.

Cuadro 2. Análisis de varianza para la firmeza (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar ‘Brigitta’ provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).



Cuadro 3. Análisis de varianza para el porcentaje de fruta blanda (menor a 140 g mm⁻¹) (A) y desglose con intervalos de cosecha (B), de arándanos cultivar 'Brigitta' provenientes de dos posiciones dentro del dosel (oriente y poniente), y de acuerdo al momento de evaluación (cosecha y postcosecha 45 d).



Distribución de frecuencias acumuladas de firmeza

El análisis de frecuencias acumuladas sobre los niveles de firmeza de la fruta (Fig. 1) permitió una caracterización más comprensiva de las diferencias en cosecha y postcosecha. De esta manera, es posible evidenciar las magnitudes de cambio en las proporciones de fruta blanda (<140 g mm⁻¹) para cada momento de muestreo y posición de fruta en la planta. Respecto de los datos a cosecha, solo 3x3 mostró diferencias asociadas a las caras de la planta; en clases más firmes, 9x1 fue el muestreo donde fue más difícil encontrar diferencias asociadas dentro del dosel. En la postcosecha a su vez, en 3x1 < 140 g mm⁻¹ existen nulas diferencias entre las caras de la planta, pero estas se hacen evidentes para 9x1.

En términos de la distribución de las firmezas acumuladas en cada momento de muestreo, desde las más firmes hasta la más blandas, hubo consistencia en un gradiente desde 3x1 hasta 3x3, tanto en cosecha como postcosecha. Contrario a lo esperado (9x1), 3x3 mostró la generación de fruta con mayores porcentajes de fruta blanda (15 a 26%), muy por sobre 9x1 (7 a 8%) al momento de cosecha. Este resultado es de particular importancia porque significa que, ante la elección de un particular intervalo de cosecha (3 o 9 d), sería más recomendable esperar 9 d que mantenerse cosechando cada 3 d. De acuerdo a lo planteado por Lobos et al. (2018), sería esperable que una planta que es cosechada con un mayor intervalo de cosecha poseyera una menor firmeza, papel desarrollado por una tercera cosecha cada 3 días. Lo anterior podría ser explicado por que, en este último caso, existe un mayor número de racimos que fueron

perdiendo sus frutos, en comparación a la cosecha de 9 d. Se hipotetiza que, al igual como ocurre en otras especies que fructifican en racimo, cambios en el número total de bayas dentro del racimo generan alteraciones fisicoquímicas que afectan a las restantes al momento de la cosecha (Sivilotti et al., 2020). Diversos estudios en viñedos, especie que comparte muchas características con el arándano, señalan que la remoción de racimos, y por lo tanto bayas, generaría un aumento de sólidos solubles, antocianinas y compuestos fenólicos en las bayas restantes (Pallioti y Cartechini, 2000; Guidoni et al., 2002; Gamero et al., 2014; Reščič et al., 2015). La remoción de racimos se utiliza generalmente para mejorar la relación área foliar/frutos y así obtener una mejor y más rápida madurez de los racimos (Kliwer y Dokoozlian, 2005), aunque las condiciones climáticas durante la cosecha determinan grandemente el efecto de esta práctica (Frioni et al., 2017). Es posible que, al ir removiendo los frutos maduros en cosechas sucesivas con un menor intervalo de tiempo (3x3), la planta o el racimo no alcance a ajustar adecuadamente el flujo de asimilados. Producto que las cosechas ocurren cuando muchos de los frutos se encuentran en plena expansión celular, se generaría un incremento en la tasa de crecimiento diario del resto de los frutos del racimo, alterando con esto su capacidad de guarda ya que perderían agua más rápido; se observa un mayor efecto en 3x3. Adicionalmente, cuando el arándano alcanza el 100% de color azul de cubrimiento, si éste no es cosechado, continuará aumentando su peso en hasta aproximadamente un 15% respecto de uno que se cosecha con un día de desfase desde que logra el color de cubrimiento necesario para ser cosechado (Moran, 2011).

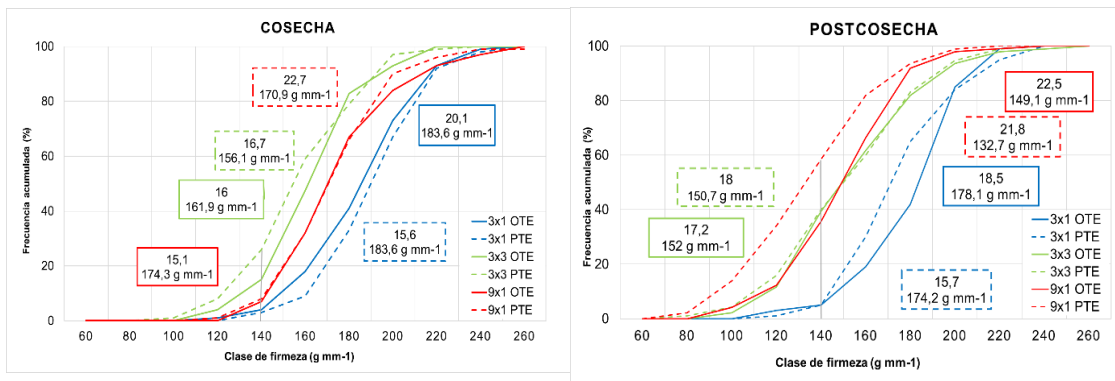


Figura 1. Distribución de frecuencias acumuladas de firmeza (g mm^{-1}) acorde a dos intervalos de cosecha (3 y 9 d) y tres momentos de muestreo: i) primera cosecha de 3 d (3x1 en azul); ii) tercera cosecha de 3 d (3x3 en verde); y iii) primera cosecha de 9 d (9x1 en rojo). Las líneas continuas y discontinuas representan la posición del fruto en la planta (oriente y poniente, respectivamente). Para una mejor comprensión del estado de madurez de los frutos analizados, cada distribución se acompaña de una etiqueta con la relación SST/AT y la firmeza promedio de la muestra; sólo para efectos referenciales, se dibuja línea vertical gris en 140 g mm^{-1} .

5. CONCLUSIONES

El momento de cosecha del arándano es crucial para determinar su potencial de guarda, y la falta de índices de cosechas genera que exista una gran variabilidad en la calidad de los frutos cosechados en huertos productivos. Para evitar esto, se estudió el efecto de diferentes intervalos de cosecha en la calidad de los arándanos, principalmente firmeza, a cosecha y en postcosecha.

A diferencia de estudios anteriores del grupo de investigación, los coeficientes de variación reportado pudieran ser considerados aceptables, o al menos similares a otras especies. En términos globales se puede concluir que un análisis de varianza esconde diferencias que el análisis de frecuencia acumuladas permite realizar. En términos de la distribución de las firmezas acumuladas en cada momento de muestreo, desde las más firmes hasta la más blandas, hubo consistencia en un gradiente desde 3x1 hasta 3x3, tanto en cosecha como postcosecha. Como se hipotetizaba, 9x1 mostró la generación de fruta con mayores porcentajes de fruta blanda (35 a 54%) luego de almacenada. Además, presentó un coeficiente de variación mayor que 3x1 en postcosecha, lo que sugiere que efectivamente los frutos fueron más heterogéneos al cosechar con menos frecuencia, aunque la diferencia no logra observarse en cosecha. Por otra parte, la orientación del racimo en la planta fue significativo para la firmeza, siendo los frutos del lado poniente levemente menos firmes.

Dado que los frutos de los arándanos son muy variables en firmeza al ser cosechados, es necesario indagar en métodos objetivos indicadores de cosecha. Además, debido al aumento de eventos climáticos extremos durante la cosecha, será imprescindible comprender y considerar los principales factores del ambiente que contribuyen al ablandamiento de la fruta.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alsmairat, N., Contreras, C., Hancock, J.F., Callow, P. y Beaudry, R. 2011. Use of combinations of commercially relevant O₂ and CO₂ partial pressures to evaluate the sensitivity of nine highbush blueberry cultivars to controlled atmospheres. *HortScience* 46, 74-79.

Asociación de Exportadores de Chile (ASOEX). 2019. Comité de Arándanos de Chile fortalece la calidad en el mercado chino. Las Condes, Santiago, Chile. Recuperado en: <https://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/673-comite-de-arandanos-de-chile-fortalece-la-calidad-en-el-mercado-chino.html> Consultado el: 22 de mayo de 2020.

Asociación de Exportadores de Chile (ASOEX). 2020. Con una leve baja en exportaciones, pero un récord de envíos orgánicos finaliza temporada de arándanos chilenos 2019-2020. Las Condes, Santiago, Chile. Recuperado en: <https://www.asoex.cl/component/content/article/25-noticias/713-con-una-leve-baja-en-exportaciones-pero-un-record-en-envios-organicos-finaliza-temporada-de-arandanos-chilenos-2019-2020.html> Consultado el: 23 de mayo de 2020.

Ballinger, W. y Kushman, L. 1970. Relationships of stage of ripeness to composition and keeping quality of highbush blueberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95, 239-242

Ballinger, W., Kushman, L. y Hamann, D. 1973. Factors affecting the firmness of highbush blueberries. *Journal of the American society for horticultural science*, 98: 583-587.

Basiouny, F. y Chen, Y. 1988 Effects of harvest date, maturity and storage intervals on postharvest quality of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). In *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* (Vol. 101, pp. 281-284).

Beaudry, R. 1992. Blueberry quality characteristics and how can they be optimized. *Annual report of the Michigan state horticultural society*, 122: 140-145.

Beaudry, R., Moggia, C., Retamales, J. y Hancock, J. 1998. Quality of 'Ivanhoe' and 'Bluecrop' blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. *HortScience* 32, 313-317.

Borlando, P. 2012. Comportamiento de las principales variedades de arándanos plantadas en Chile. *Revista Frutícola* 3, 8-13.

Buzeta, A. 1997. Chile: Berries para el 2000. 136 p. Fundación Chile, Departamento Agroindustrial, Santiago, Chile.

Chu, W., Gao, H., Chen, H., Fang, X. y Zheng, Y. 2018. Effects of cuticular wax on the postharvest quality of blueberry fruit. *Food Chemistry*, 239, 68–74. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.06.024

CIREN, 2016. Catastro frutícola, principales resultados región del Maule/Julio 2016. Recuperado en: <http://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2016/08/Catastro-Fruticola-VII-Maule-2016.pdf> Consultado el: 25 de abril del 2018.

Comité de arándanos de Chile. 2016. Arándanos de Chile. Recuperado en: <http://www.comitedearandanos.cl/arandanos-de-chile/> Consultado el: 25 de abril del 2018

Defilippi, B., Rivera, S. y Arriola, R. 2017. Capítulo 5: Aspectos clave durante poscosecha para la obtención de un arándano de calidad. 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.

Figuroa, D., Guerrero, J. y Bensch, E. 2010. Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en poscosecha de arándano alto (*vaccinium corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006. *Idesia (Arica)*, 28(1), 79-84.

Forney, C. 2009. Postharvest Issues in Blueberry and Cranberry and Methods to Improve Market-Life. *Acta Horticulturae*. 810.

Forney, C., Kalt, W., Jordan, J., Vinqvist-Tymchuk, M. y Fillmore, S. 2012. Compositional changes in blueberry and cranberry fruit during ripening. *Acta Horticulturae*, (926), 331–337. doi:10.17660/actahortic.2012.926.46

Frioni, T., Zhuang, S., Palliotti, A., Sivilotti, P., Falchi, R., y Sabbatini, P. 2017. *Leaf Removal and Cluster Thinning Efficiencies Are Highly Modulated by Environmental Conditions in Cool Climate Viticulture. American Journal of Enology and Viticulture*, 68(3), 325–335. doi:10.5344/ajev.2017.16098

Galletta, G., Ballinger, W., Monroe, R. y Kushman, L. 1971. Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 86, 758-762.

Gamero, E., Moreno, D., Talaverano, I., Prieto, M., Guerra, M., y Valdés, M. 2014. Effects of irrigation and cluster thinning on Tempranillo grape and wine composition. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35(2), 196-204. Retrieved November 16, 2020, from

http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79042014000200013&lng=en&tlng=en.

González, A. et al., 2013. Capítulo 2: Tecnologías para mejorar calidad y condición de fruta en arándanos. Arándanos: Optimización de la productividad de la mano de obra y tecnologías para el incremento de calidad y condición en el sur de Chile. Boletín INIA N° 277. ISSN: 0717-4829.

González, A. 2017. Adaptación de la Metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile. Boletín INIA N° 346. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Chile.

González, A. y Gloria, C. 2017. Capítulo 1: Variedades de arándanos. En Manual de manejo agronómico del arándano. Boletín INIA / N° 06 INIA - INDAP, Santiago, Chile.

Guidoni, S., Allara, P. y Schubert, A. 2002. Effect of Cluster Thinning on Berry Skin Anthocyanin Composition of *Vitis vinifera* cv. Nebbiolo. *American Journal of Enology and Viticulture*. 53. 224-226.

Hanson E., Beggs L. y Beaudry R. M. 1993. Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. *HortScience* 28 1033–1034.

Kader, A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. En *International Symposium Effect of Pre-& Postharvest factors in Fruit Storage* 485 (pp. 203-208). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.485.27>

Kliewer, W. y Dokoozlian, N. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56(2), 170-181.

Larrañaga, P. y Osoreo, A. 2019. Catastro frutícola principales resultados Región del Maule / Julio 2019. Publicación conjunta de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, y el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.

Lobos, G., Callow, P. y Hancock, J. 2014. The effect of delaying harvest date on fruit quality and storage of late highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.) *Postharvest Biology and Technology*, 87: 133-139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.001>

Lobos, G., Bravo, C., Valdés M., Graell J., Lara I., Beaudry R. y Moggia C. 2018. Within-plant variability in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.): maturity at harvest and position within the

canopy influence fruit firmness at harvest and postharvest, *Postharvest Biology and Technology*, 146: 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.08.004>.

Milivojevic, J., Maksimovic, V., Maksimovic, J., Radivojevic, D., Poledica, M. y Ercišli, S. 2012. A comparison of major taste- and health-related compounds of *Vaccinium* berries. *Turk J Biol* 36: 738-745.

Mitcham, E., Crisosto, C. y Kader, A. 1998. *Bushberry: blackberry, blueberry, cranberry, raspberry: Recommendations for maintaining postharvest quality*. Department of Pomology, University of California, Davis, California, USA. Consultado 05 de agosto de 2020. Disponible en http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=12&ds=798.

Moggia, C., González, C., Lobos, G. A., Bravo, C., Valdés, M., Lara, I., y Graell, J. 2018. Changes in quality and maturity of 'Duke' and 'Brigitta' blueberries during fruit development: postharvest implications. *Acta horticultrae* 1194, 1495-1501. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1194.209>

Moggia, C., Graell, J., Lara, I., González, G. y Lobos, G. A. 2017. Firmness at Harvest Impacts Postharvest Fruit Softening and Internal Browning Development in Mechanically Damaged and Non-damaged Highbush Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Frontiers in plant science*, 8:535. doi: 10.3389/fpls.2017.00535

Morán, A. 2011. Tesis: Influencia del retraso de la cosecha sobre la producción y calidad del fruto en arándano de arbusto alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. Universidad de Talca, Talca, Chile.

Muñoz, M. 2019. Boletín de fruta fresca. Julio de 2019. ODEPA. Sitio web: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-fruta-fresca-julio-de-2019> Recuperado el 28/05/2020

Nesmith, D., Prussia, S., Tetteh, M., Krewer, G. 2002. Firmness losses of rabbiteye blueberries (*Vaccinium ashei* Reade) during harvesting and handling. *Acta Hort.* 574, 287–293.

Pallioti, A. y Cartechini, A. 2000. Cluster thinning effects on yield and grape composition in different grapevine cultivars. *Acta Horticulturae*. 512. 111-119. 10.17660/ActaHortic.2000.512.11.

Patel, J., Patel, N. y Shiyani, R. 2001, 'Coefficient of variation in field experiments and yardstick thereof – An empirical study', *Current Science*, vol. 81, pp. 1163-1164.

Pinto, J. 2018. Evolución de la Calidad del Arándano de Chile y Sus Desafíos. Oportunidades y desafíos para Chile. Ciclo “Arándano en debate”, parte de Ciclos Regionales Frutícolas, ASOEX.

Pojer, E., Mattivi, F., Johnson, D. y Stockley, C. 2013, The Case for Anthocyanin Consumption to Promote Human Health: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12: 483-508.

Portal frutícola. 2020. Arándanos en gráficos: Chile, 20 años de exportaciones a Estados Unidos, por Cristian Crespo. Las Condes, Santiago, Chile. Recuperado en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/02/11/arandanos-en-graficos-chile-20-anos-de-exportaciones-a-estados-unidos/>. Consultado el: 20 de mayo de 2020.

Quiroz, I., Salinas, G., Urrutia, I. y Hernández, J. 2020. Anuario 2019/2020 Mercado Internacional de arándanos. Iqonsulting. Mayo 2020

Rešič, J., Mikulič-Petkovšek, M., Štampar, F., Zupan A., y Rusjan, D. 2015. The impact of cluster thinning on fertility and berry and wine composition of 'Blauer Portugieser' (*Vitis vinifera* L.) grapevine variety. *OENO One*, 49(4), 275-291. <https://doi.org/10.20870/oeno-one.2015.49.4.16>

Retamales, J., Palma, M., Morales, Y., Lobos, G., Moggia, C. y Mena, C. 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Rev. Bras. Frutic.* 36, 58–67. doi: 10.1590/0100-2945-446/13

Retamales, J. y Hancock, J. 2012. Blueberries. First edition. CABI. Oxfordshire, UK. 307 p.

Routray, W. y Orsat, V. 2011. Blueberries and Their Anthocyanins: Factors Affecting Biosynthesis and Properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10: 303-320.

Shakya, R., Lal, M. A. 2018. Plant physiology, development and metabolism. Chapter 27: Fruit Development and Ripening.

Sivilotti, P., Falchi, R., Vanderweide, J., Sabbatini, P., Bubola, M., Vanzo, A., Lisjakd, K., Peterlunger, E. y Herrera, J. C. 2020. Yield reduction through cluster or selective berry thinning similarly modulates anthocyanins and proanthocyanidins composition in Refosco dal peduncolo rosso (*Vitis vinifera* L.) grapes. *Scientia Horticulturae*, 264, 109166. doi:10.1016/j.scienta.2019.109166

Timm, E., Brown, G., Armstrong, P., Beaudry, R. y Shirazi, A. 1996. Portable instrument for measuring firmness of cherries and berries. *Appl. Eng. Agric.* 12, 71–77. doi: 10.13031/2013.25441

Toivonen, P. y Brummell, D. 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 48, 1–14.

Torres, L. 2013. Efecto del tipo y momento de cosecha sobre la calidad de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. 'Brigitta' en postcosecha (tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca, Chile.

Undurraga, P. y Vargas, S. 2013. Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile. 120 p.

Vicente, A., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A., Greve, L. y Labavitch, J. 2007. Temporal Sequence of Cell Wall Disassembly Events in Developing Fruits. 2. Analysis of Blueberry (*Vaccinium* Species). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(10), 4125–4130. doi:10.1021/jf063548j

Yu, P., Li, C., Takeda, F., Krewer, G. 2014. Visual bruise assessment and analysis of mechanical impact measurement in southern highbush blueberries. *Appl. Eng. Agric.* 30 29–37. 10.13031/aea.30.10224

Zorenč, Z., Veberic, R., Stampar, F., Koron, D. y Mikulic-Petkovsek, M. 2016. Changes in berry quality of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during the harvest season. *Turkish journal of agriculture and forestry.* 40. 855-864. 10.3906/tar-1607-57.