



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

**Efectos de la frecuencia de cosecha y el uso de bolsas perforadas (0,9%) sobre la firmeza en  
frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. 'Duke', en cosecha y postcosecha**

**MEMORIA DE TÍTULO**

**JAVIER PATRICIO MORALES ESCALONA**

**TALCA, CHILE**

**2021**

## 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, 2021

**APROBACIÓN:**



---

Profesor Co-Guía

Ing. Agrónomo, M.S., Dra Claudia Moggia  
LucchiniProfesor Escuela de Agronomía

Facultad de Ciencias  
AgrariasUniversidad de  
Talca



---

Profesor Co-Guía

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

Fecha de presentación de la Defensa de Memoria: 14 de Mayo del 2021.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera agradecer a mi familia y amigos que siempre han estado motivándome.

También, a los amigos que hice en la universidad, sin el apoyo que nos brindamos mutuamente hubiese sido aún más difícil llegar hasta el final de esta etapa.

Por último, y no menos importante, agradecer a mis profesores y al equipo FONDECYT, que han tenido una gran disposición en ayudar y hacernos sentir parte del equipo.

## RESUMEN

Los frutos de arándano difieren mucho en cuanto a madurez fisiológica dentro del racimo, sumado a esto, el índice de cosecha basado exclusivamente en el color de cubrimiento (fruto 100% azul) es parte importante de la gran la variabilidad en edades fisiológicas a cosecha; factor determinante para garantizar largos viajes hasta llegar al consumidor final con la mejor calidad posible, producto de la falta de mano de obra las frecuencias de cosecha se han ido extendiendo en el tiempo, sin información clara sobre las repercusiones en la vida postcosecha. Por ello, se estudió el efecto de tres frecuencias (tiempo que transcurre hasta que la misma planta es cosechada nuevamente) de cosecha (3, 6 y 9 d) y el posible efecto de bolsas perforadas (0,9%) sobre la firmeza del fruto de arándano cv. 'Duke' sobre el ablandamiento después de 45 y 60 días de condiciones de frio convencional (0°C, 90 - 95% HR). Para la primera (3x1, 6x1, 9x1) y ultima recolección (3x4, 6x2 y 9x2) de cada intervalo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos, firmezas que en postcosecha bajan, pero manteniendo las tendencias. El uso de bolsas perforadas (0,9%) permitió obtener mayores niveles de firmeza luego de 45 y 60 d de almacenamiento, aun así, mantuvieron tendencias observadas en cosecha. Los resultados indican que, al menos para el cultivar 'Duke', un intervalo más corto no significa mejores firmezas, lo que sería positivo para la industria chilena, donde se prefiere contratar menos gente, pero por más tiempo.

Palabras clave: Arándano, Frecuencia de cosecha, Bolsas perforadas, Firmeza, Postcosecha.

## ABSTRACT

Blueberry fruits differ greatly in terms of physiological maturity within the bunch, in addition, the harvest index based exclusively on cover color (100% blue fruit) is an important part of the great variability in physiological age at harvest. a determining factor in guaranteeing long journeys to the final consumer with the best possible quality. Due to the lack of manpower, harvesting frequencies have been extended over time, without clear information on the repercussions on post-harvest life. Therefore, the effect of three harvest frequencies (3, 6 and 9 d) and the possible effect of perforated bags (0,9%) on fruit firmness of blueberry cv. 'Duke' on softening after 45 and 60 days of conventional cold conditions (0°C, 90 - 95% RH) were studied. For the first (3x1, 6x1, 9x1) and last harvest (3x4, 6x2 and 9x2) of each interval, no differences were found between treatments, firmness decreasing in postharvest, but maintaining the trends. The use of perforated bags (0,9%) allowed higher levels of firmness to be obtained after 45 and 60 d of storage, even so, they maintained the trends observed at harvest. The results indicate that, at least for the cultivar 'Duke', a shorter interval does not mean better firmness, which would be positive for the Chilean industry, where it is preferred to hire fewer people, but for longer.

Key words: Blueberry, Harvest frequency, Perforated bags, Firmness, Postharvest.

## ÍNDICE

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Hipótesis.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Generalidades del arándano.....	4
2.2. Producción de arándanos en Chile.....	4
2.3. Características del arándano.....	5
2.4. Cultivar Duke.....	5
2.5. Características y propiedades del fruto de arándano.....	5
2.6. Madurez.....	6
2.7. Calidad.....	8
2.8. Frecuencia de cosecha y postcosecha.....	9
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1. Localización y material vegetal.....	11
3.2. Diseño experimental.....	11
3.3. Ensayo.....	11
3.4. Evaluaciones.....	11
3.4.1. Peso del fruto.....	12
3.4.2. Firmeza.....	12
3.5. Análisis estadístico.....	12
4. RESULTADOS.....	13
5. DISCUSIÓN.....	15
6. CONCLUSIONES.....	17
7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
8. ANEXOS.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Páginas
<b>Figura 1</b>	Firmeza del cv. 'Duke' a cosecha para cada intervalo y colecta dentro de éste. Letras minúsculas indican diferencias dentro de cada intervalo y mayúsculas considerando cada colecta como un tratamiento independiente. Barras representan error estándar. Para efectos referenciales, se presentan dos líneas horizontales rojas en 100 y 200 g·mm <sup>-1</sup> .	<b>13</b>
<b>Figura 2</b>	Firmeza del cv. 'Duke' para cada intervalo y colecta dentro de éste, después de 45 (A) y 60 d (B) de almacenaje en frío convencional (0°C, 90-95%HR), sin (A y B) y con el uso de bolsas perforadas (C y D). Letras minúsculas indican diferencias dentro de cada intervalo y mayúsculas considerando cada colecta como un tratamiento independiente. Barras representan error estándar. Para efectos referenciales, se presentan dos líneas horizontales rojas en 100 y 200 g·mm <sup>-1</sup> .	<b>14</b>
<b>Figura complementaria 1</b>	Pérdida de firmeza (%) del cv. 'Duke' para cada intervalo y colecta dentro de éste, después de 45 (A) y 60 d (B) de almacenaje en frío convencional (0°C, 90-95%HR), y con el uso de bolsas perforadas (C y D).	<b>27</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El arándano (AAA: *Vaccinium corymbosum* L.) es un arbusto alto perteneciente a la familia Ericaceae, que fue introducido a Chile en la década de los 80, y que en la actualidad ha mostrado un rápido crecimiento, distribuyéndose geográficamente desde la Región de Atacama hasta la Región de Los Lagos (INIA, 2017).

Chile posee 18.373 hectáreas cultivadas de arándano americano (ODEPA, 2020). Posicionándose como un país exportador de gran importancia en Sudamérica y el mundo. Aunque, nuevos países se han sumado a la lucha por el liderazgo de las exportaciones de arándano, como Perú, sus exportaciones fueron superiores en un 14% a las de Chile en la temporada 2019 (América economía, 2020; Fresh Plaza, 2019).

Parte de los arándanos producidos en Chile poseen menor calidad comparado con nuevos productores que poseen variedades nuevas y mejoradas. En el año 2018, casi el 30% de los arándanos exportados fueron congelados, ya que no alcanzaban las condiciones necesarias para exportarse en fresco (Amstrong, 2019). Siendo indispensable para la exportación de fruta fresca garantizar la mejor calidad a sus consumidores.

La calidad se agrupa en 3 factores: calidad visible, organoléptica y nutritiva. En el cual, para la industria de fruta fresca, los estándares de calidad son el color, tamaño, forma, ausencia de defectos, sabor y firmeza (INIA, 2017). Utilizándose la firmeza como medio para estimar la perecibilidad de la fruta en postcosecha (Timm *et al.*, 1996; NeSmith *et al.*, 2002; Moggia *et al.*, 2017); los frutos firmes poseen una mejor textura y una mayor resistencia a la manipulación en la cosecha y postcosecha (Yu *et al.*, 2014).

Debido a que el periodo de floración del arándano de arbusto alto puede durar entre 3 a 4 semanas (Retamales y Hancock, 2012), y la maduración del fruto puede tardar de 42 a 90 días (Darnell, 2006); los frutos se pueden desarrollar bajo diferentes condiciones ambientales durante la temporada (Lobos *et al.*, 2014), esto conduce a una diferenciada maduración de los frutos en cada racimo, lo que provoca una mayor variabilidad en las características de los frutos de una determinada cosecha. Por consecuencia, se necesitan de reiteradas cosechas a un mismo individuo en la temporada.

Por tal motivo, es importante considerar que la cosecha se debe realizar cuando la fruta está en un estado de madurez apropiado, ya que de esto depende la calidad del fruto en postcosecha y la aceptación de este por los consumidores. Siendo el color de la fruta el índice de madurez utilizado

para la cosecha de arándanos, ya que los frutos cosechados de color rojo no alcanzan las características organolépticas deseadas (INIA, 2017). Teniendo en cuenta el índice de cosecha utilizado (frutos 100% azul) y los intervalos de cosecha que se utilizan en la industria (6-12 d), se suele recolectar una cierta cantidad de frutos sobremaduros en cada lote; demostrándose que los frutos que alcanzan su madurez fisiológica en la planta sin ser cosechados, se sobremaduran y pierden firmeza en pocos días, lo que afecta a su potencial de almacenamiento (Lobos *et al.*, 2014; Lobos *et al.*, 2018).

Las frecuencias de cosechas altas (3-4d) podrían ser una respuesta para mejorar la firmeza y reducir la pérdida de calidad del fruto. Se ha demostrado que un corto periodo de tiempo después de que la fruta se torna 100% azul es suficiente para que aumente la cantidad de frutos blandos ( $140\text{-}160\text{g mm}^{-1}$ ) y muy blandos ( $<140\text{g mm}^{-1}$ ) (Lobos *et al.*, 2018).

Además, la calidad de la fruta cosechada depende básicamente de buenos manejos en la cosecha y también de las temperaturas en que la fruta es almacenada. Se ha expuesto que daños mecánicos y altas temperaturas provocan en el fruto un rápido deterioro asociado a ablandamiento y firmeza (Sandford *et al.*, 1991; Nesmith *et al.*, 2002). La fruta tiende a ser almacenada a temperaturas cercanas a  $0^{\circ}\text{C}$ , con una humedad relativa de 90-95%, para inhibir actividades enzimáticas y producción de etileno, retrasando el ablandamiento de la baya (Perkins-Veazie, 2004; Chiabrando *et al.*, 2009). Por otro lado, altas temperaturas en el almacenaje provocan una disminución en la firmeza, ya que se acelera el metabolismo del arándano, reduciendo el peso del fruto durante su almacenaje (Ballinger *et al.*, 1973; Paniagua *et al.*, 2014).

Debido a la importancia de la calidad de la fruta para que pueda ser exportada, en este trabajo se plantea estudiar el efecto del intervalo de cosecha sobre la firmeza de los frutos de arándano cv. 'Duke'.

### 1.1. Hipótesis.

La frecuencia de cosecha (tiempo transcurrido en que la misma planta es vuelta a cosechar) tiene una estrecha influencia en la firmeza de los frutos de arándano cv. 'Duke' en postcosecha. Así, frecuencias más cortas conllevan a una mayor proporción de fruta firme. A su vez, el uso de bolsas perforadas (0,9%) permite aminorar el ablandamiento de los frutos.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1 Objetivo general

Determinar el impacto de la frecuencia de cosecha sobre la firmeza de la fruta en postcosecha, y, el beneficio asociado al uso de bolsas perforadas para evitar la deshidratación de la fruta.

#### 1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la frecuencia de cosecha (3, 6 y 9d) sobre la firmeza de los arándanos cv. 'Duke', en cosecha y postcosecha.
- Evaluar el efecto del uso de bolsas perforadas (0,9%) sobre la firmeza después de 45d y 60d de almacenamiento en frío (0°C, 90-95% HR) cv. 'Duke'.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Generalidades del arándano

El cultivo de arándano (*Vaccinium* L.) pertenece a la familia Ericaceae, subfamilia Vaccinioideae, que posee el género *Vaccinium* (Pritts *et al.*, 1992). Este arbusto frutal proviene de las zonas frías del hemisferio norte, por lo mismo, las principales especies comerciales de arándano que tienen origen en Norteamérica son: *V. corymbosum* L. (arándano de arbusto alto o “Highbush blueberry”), *V. ashei* R. (arándano ojo de conejo) y *V. angustifolium* A. (arándanos silvestres de arbusto bajo o “Lowbush blueberry”). Siendo el arándano de arbusto alto el que representa el 85% de la superficie cultivada en el mundo (García *et al.*, 2013).

El arándano de arbusto alto está dividido en dos grupos según sus requerimientos térmicos, están los que necesitan menos horas frío, llamados “Southern Highbush” y “Northern Highbush” que requieren más horas frío en receso invernal. Existen diversas variedades Southern, tales como “Legacy”, “Jewel”, “O’neal”, etc. y también variedades Northern como “Duke”, “Brigitta”, Elliot”, entre otros (INIA, 2017). Siendo “Duke”, “Legacy”, “Brigitta” los cultivares más utilizados en Chile (Larrañaga y Osore, 2019).

### 2.2. Producción de arándanos en Chile

Los principales productores de arándano en el mundo son Estados Unidos, Canadá y México representando un 80% de la producción mundial (Fedefruta, 2018). En Chile, el arándano fue introducido en la década de los 80, y se ha convertido en un proveedor importante de arándanos para el hemisferio norte (Retamales *et al.*, 2014). Actualmente, Chile posee 18.373 hectáreas cultivadas de arándano, un 5,2% de la superficie de frutales del país, representando Maule y Ñuble un 54% de las superficies comerciales de arándano (ODEPA, 2020).

En 2019 los principales mercados para exportación de arándanos chilenos fueron, Estados Unidos (45,54%), Holanda (17,88%) y China (12,33%), exportándose 111.837 ton de fruta fresca y 44.184 ton de arándanos congelados, respecto al valor (USD FOB) obtenido. Se registraron aproximadamente USD 555 millones y USD 128 millones, respectivamente (ODEPA, 2020). Los resultados de la temporada 2019 reflejaron una disminución del 10% en el valor exportado en comparación al año 2018. Esto significó perder el estatus de mayor productor de arándanos en Sudamérica y segundo en el mundo, ya que se vio superado por Perú, por primera vez en el año 2019. Perú logro obtener USD 810 millones en exportaciones, un 14 % más que Chile (América economía, 2020).

El mercado de arándanos está en constante cambio, exigiendo una mayor competitividad año a año, debido a caídas de precios, disminución relativa de calidad y condición de la fruta que no es capaz de llegar a destino sin perder firmeza o deshidratarse, además, de la escasez de mano de obra en el país (González *et al.*, 2013; Moggia *et al.*, 2016). Debido a esto, a medida que la competencia aumenta, se deben mejorar los manejos aplicados en la producción, con el fin de producir de manera constante frutos de alta calidad (Beaudry, 1992).

### 2.3. Características del arándano

El género *Vaccinium corymbosum L.*, es una planta de tipo arbustiva, con hábito de crecimiento erecto, posee raíces fibrosas, finas y muy superficiales, el 80% de sus raíces se concentran a 50 cm de profundidad del suelo, y no cuentan con pelos radicales lo que dificulta la absorción de agua. Este arbusto crece mejor en suelos con pH entre 4,4 y 5,5, sin embargo, se ha reportado que puede crecer bien en suelos con pH 5,5 a 6,0. Crecen mejor bajo climas con moderada temperatura, requieren entre 400 y 1200 horas frío para poder cumplir su receso invernal bajo un umbral de 7°C (Undurraga y Vargas, 2013).

### 2.4. Cultivar Duke

El cultivar Duke es una variedad de arándano de arbusto alto que posee un vigor medio y erecto, bastante ramificado, que necesita entre 700 y 900 horas frío al año. Es una variedad muy productiva, sus frutos son firmes, de gran calibre y uniformes. La floración es tardía, pero la producción de frutos es semi-temprana. Este cultivar posee una de las mejores postcosechas, su producción concentrada es apta para todo mercado (INIA, 2017).

### 2.5. Características y propiedades del fruto de arándano

El fruto de arándano es una baya semiesférica de color azul a negro-azul, su calibre varía entre 0,7 a 1,5 cm de diámetro. La epidermis está cubierta de una capa cerosa llamada “pruina” o “bloom”, que opaca el color del fruto. La coloración de la piel está dada por pigmentos llamados “antocianinas” que se desarrollan a comienzos de la maduración de la baya (Beaudry, 1992; Gordó, 2011). Las antocianinas forman parte de un grupo de polifenoles que han demostrado tener propiedades antioxidantes y neuroprotectoras (Norberto *et al.*, 2013).

Las bayas frescas contienen agua (84%), carbohidratos (9.7%), proteínas (0.6%) y grasa (0.4%) (Michalska y Lysiak, 2015). Con respecto a su valor nutritivo, el fruto contiene pocas calorías, es bajo

en grasas y sodio; sin colesterol, también es rico en fibras y minerales, distinguiéndose por su alto contenido de vitamina C (Gordó, 2011).

En base al estudio realizado por Ehlenfeldt *et al.*, (1994), las bayas de las variedades de arbusto alto son ricas en ácido cítrico (38-90%) y succínico (6-47%), en menos cantidad, ácido málico (1-11%) y quínico (2-9%). Al contrario de variedades “rabbiteye” que poseen alto contenido de ácido málico (15-68%). Dado a las diferencias en la calidad sensorial de estos ácidos orgánicos, se puede explicar en gran medida los tipos de sabores existentes entre arándanos rabbiteye y arbusto alto (Ehlenfeldt *et al.*, 1994). También, Janick y Moore (1997), mencionan que el sabor del arándano depende del balance entre la acidez, el dulzor y el aroma, además, establecen que en la actualidad los frutos para consumo en fresco deberían ser seleccionados por tener un nivel balanceado de sólidos solubles, acidez, aroma y textura.

El fruto de arándano presenta un comportamiento climatérico, que se caracteriza por tener un alza en la respiración y en la producción de etileno durante la madurez, no obstante, la cosecha de arándano debe realizarse cerca de madurez de consumo, a diferencia de otros frutos climatéricos, ya que los atributos organolépticos como el sabor no mejoran después de ser cosechados (Undurraga y Vargas, 2013).

La temperatura juega un rol importante en la condición de los frutos de arándano, a medida que la temperatura aumenta, la tasa respiratoria será mayor, por lo tanto, el fruto se deteriorará más rápido. Esto se explica por la oxidación de azúcares que no se reponen en frutos cosechados (Paul y Pandey, 2011). Si bien, los arándanos no muestran una alta producción de etileno comparado con otros frutales, de igual manera, la tasa de producción de esta hormona se ve diferenciada entre variedades (Undurraga y Vargas, 2013). El etileno es capaz de acelerar la tasa respiratoria, relacionándose a la pérdida de firmeza o ablandamiento, que puede provocar susceptibilidad a ataques de hongos y microorganismos (Raven *et al.*, 1992).

## 2.6. Madurez

La maduración es el conjunto de procesos que ocurren desde el final de las etapas de desarrollo de la planta, hasta las primeras etapas de senescencia, y terminan como características estéticas y/o de calidad en los frutos, como cambios en la composición, color, textura u otros (Kader, 1999).

La madurez es un factor importante a cosecha, ya que determina la calidad y duración del fruto en postcosecha (Retamales y Hancock, 2018). De hecho, los índices de madurez son de gran relevancia para decidir cuándo se debe cosechar, sin embargo, la necesidad de transportar fruta a

largas distancias muchas veces no permite cosechar en madurez de consumo (Kader, 1999). La madurez de consumo para el arándano está dada por características fisiológicas del fruto como el color, acidez titulable (AT), sólidos solubles (SS), firmeza, relación SS/AT.

El color de la baya comienza siendo verde y a medida que avanza su madurez fisiológica esta se va tornando de color azul, resultado de procesos bioquímicos que sintetizan pigmentos antociánicos (Feippe *et al.*, 2012). Por lo general, los arándanos maduran rápido, en 2-3 días pueden pasar de 50% color rosa a desarrollar su color final (Forney, 2009). Por otro lado, un prolongado periodo de floración puede producir frutos azules muy variados en cuanto a madurez fisiológica (Lobos *et al.*, 2018).

El contenido de SS del fruto está compuesto por un 65-80% de azúcares (Feippe *et al.*, 2012). Principalmente por fructosa, glucosa y sacarosa (Kalt y McDonald, 1996). A medida que avanza el estado de madurez, el contenido de azúcares totales aumenta, debido a un incremento de azúcares reductores (glucosa y fructosa) (Retamales y Hancock, 2012). Por otra parte, se asignó el valor de 10° Brix como índice de calidad mínimo para arándanos (Kader, 1999).

Al contrario que los SS, la AT disminuye a medida que la maduración avanza (Undurraga y Vargas, 2013). Kushman y Ballinger (1968), indicaron que el incremento en la relación SS/AT está respaldado de un aumento en el contenido de glucosa y fructosa, y de una disminución en el contenido de ácido cítrico, debido a esto, se menciona que el sabor del fruto se ve expresado por esta relación SS/AT, y que es considerado importante para la aceptación del producto por el consumidor (Feippe *et al.*, 2012).

Otro aspecto importante de la madurez es la firmeza, sus principales contribuyentes son el grosor y la resistencia de la pared celular (pectina, celulosa y hemicelulosa), aunque, la pared celular de las células de la pulpa suele ser débil. Además, la pared celular sufre de una degradación natural mientras la fruta va madurando (Toivonen y Brummell, 2008). Durante la maduración del arándano las pectinas solubles en agua disminuyen, la degradación de la pared celular y de lámina media terminan siendo responsables de la pérdida de firmeza del fruto (Jackman y Stanley, 1995).

En condiciones normales de luz los arándanos pequeños tienden a ser más firmes que los grandes, según su fecha de cosecha estos variarán en su textura y forma, por lo que habrá una mayor heterogeneidad entre los frutos. Además, los frutos cuando completan su coloración azul tienden a perder firmeza (Ballinger *et al.*, 1973).

## 2.7. Calidad

La calidad se define como una combinación de atributos que le brindan al fruto cierta superioridad sobre los demás. Son propiedades o características que le agregan valor al producto (Kader, 1999). La calidad se puede dividir en 3 grupos, calidad visible, organoléptica y nutritiva. La calidad visible se basa en la uniformidad del color de la fruta, la presencia de Bloom en la cutícula, forma, tamaño, firmeza, y evidencia de daño mecánico o pudriciones. La calidad organoléptica está determinada por una buena relación SS/AT y por compuestos volátiles que le dan aroma y sabor a la baya (INIA, 2017).

El color del fruto como se mencionó anteriormente forma parte de los estándares de calidad, la baya disminuye su crecimiento luego de alcanzar el color azul, pero los azúcares y el sabor continúan aumentando, además, acumulan azúcar durante la maduración, los ácidos orgánicos responsables del sabor ácido de la baya disminuyen, provocando que aumente el dulzor percibido; aunque, los consumidores prefieren un poco de ácidos orgánicos (acidez) en el sabor, una buena relación azúcar/ácido (Beaudry, 1992).

La cera de la cutícula (bloom) es una característica deseada por los consumidores, siendo ésta frágil al frotamiento, golpes y a la manipulación, por lo que la preservación del bloom es un objetivo para mejorar la calidad (Beaudry, 1992). Otro aspecto de calidad es la cicatriz de la baya que se produce en cosecha, los frutos con cicatrices más grandes tienen una mayor tasa de pérdida de agua, y poseen menos firmeza que los que tienen cicatrices medianas o pequeñas. Niveles altos de pérdida de agua se asocian a una disminución en la firmeza (Moggia *et al.*, 2017).

La firmeza es considerada uno de los atributos más importantes ante la aceptación de los arándanos por los consumidores (NeSmith *et al.*, 2002; Lobos *et al.*, 2014). La madurez entre cultivares tiene una ligera variación sobre la firmeza, pero, estas sutiles diferencias pueden ser muy importantes para la vida útil de la baya (Beaudry, 1992). Además, la firmeza se ha identificado como una característica potencial del arándano, mejora la textura y crocancia del fruto; por lo tanto, el carácter crocante es un atributo textural que también es de gran interés para la industria del arándano, siendo la firmeza un objetivo clave para mejorar la calidad del arándano (Cappai *et al.*, 2018). Utilizándose la firmeza como medio para estimar la perecibilidad de la fruta en postcosecha (Timm *et al.*, 1996; NeSmith *et al.*, 2002; Moggia *et al.*, 2017); los frutos firmes poseen una mejor textura y una mayor resistencia a la manipulación en la cosecha y postcosecha (Yu *et al.*, 2014).

## 2.8. Frecuencia de cosecha y postcosecha

La cosecha es el desprendimiento del material vegetal de interés comercial desde la planta madre, pudiendo ser frutos, raíces, tubérculos, hojas, etc. Se define como cosecha al fin de la etapa evolutiva del cultivo, y al inicio preparativo del material vegetal para el mercado (Camelo, 2003).

Para conocer el momento de cosecha se debe tener en cuenta cual es la época en que la fruta presenta la madurez necesaria para ser recolectada. Según Kader (2002), los índices de madurez deben ser sencillos, de fácil aplicación y relativamente baratos, con el fin de que todos los productores y personal capacitado puedan utilizarlo; también, deben estar enfocados en la calidad y en la duración del fruto en postcosecha.

El arándano es distinto a otros frutos que logran alcanzar su maduración en postcosecha, si bien, el arándano es denominado climatérico, este podría completar su madurez después de ser cosechado, aun así, se debe esperar a que los frutos se tornen uniformemente de color azul para obtener buena calidad. En cambio, si los frutos se cosechan rojos, estos tendrán buena firmeza, se volverán azules, pero, no obtendrán el mismo sabor que los frutos cosechados azules (INIA, 2017).

El índice de cosecha utilizado en la industria de arándanos es el color de cubrimiento del fruto (100% azul) (Lobos *et al.*, 2018). El problema que ocurre cuando se cosecha en base al color de la baya es que habrá mucha variabilidad en los frutos dentro de la planta. Los frutos inmaduros serán más firmes y se deshidratarán menos, pero tendrán una calidad inferior, por otra parte, las bayas muy maduras se volverán blandas y harinosas poco después de ser cosechadas, lo cual significa que la madurez puede variar mucho en el arbusto, y podría perjudicar la vida de las bayas en postcosecha (Retamales y Hancock, 2018). Esta variabilidad de madurez dentro de la planta significa cosechar reiteradas veces cada planta. Generalmente las cosechas suelen durar varias semanas, por lo que la heterogeneidad de los frutos se intensifica y sus características variarán entre cada cosecha (Zorenč *et al.*, 2016). Lobos *et al.*, (2018), demostraron en su estudio que entre los frutos cosechados maduros y sobre maduros existe una gran variedad en la firmeza de las bayas. Adicionalmente, se encontró un aumento de frutos blandos y muy blandos a cosecha, y después de almacenamiento, demostrando la importancia que requiere la frecuencia de cosecha para mejorar la firmeza en los destinos finales del producto.

Por su parte, Strik (2019), obtuvo como resultado una disminución del 12% en la firmeza de las bayas cuando estas fueron cosechadas con un intervalo de 12 d en cv. 'Duke' en comparación con la recolección cada 4 d. Ratificando lo mencionado anteriormente por Lobos *et al.*, (2018).

La calidad de la fruta cosechada depende básicamente de buenos manejos en la cosecha, y también de las temperaturas en que la fruta es almacenada; se ha expuesto que daños mecánicos y altas temperaturas provocan en el fruto un rápido deterioro asociado a pérdidas de peso y firmeza (Sandford *et al.*, 1991; Nesmith *et al.*, 2002). Una vez finalizada la cosecha, la fruta debe ser enfriada rápidamente para luego ser almacenada en frío (Forney, 2009). La fruta tiende a ser almacenada a temperaturas cercanas a 0°C, con una humedad relativa de 90-95%, con el fin de inhibir actividades enzimáticas y la producción de etileno del fruto, retrasando su ablandamiento (Perkins-Veazie, 2004; Chiabrando *et al.*, 2009). Contrariamente, altas temperaturas en el almacenaje provocarán una disminución en la firmeza, ya que se acelera el metabolismo del arándano, reduciendo el peso del fruto durante su almacenaje (Ballinger *et al.*, 1973; Paniagua *et al.*, 2014). Además, se ha comprobado que el uso de atmósfera controlada (AC) o modificada (AM) ayuda a prolongar la vida de los frutos en postcosecha (Forney, 2009). En el ensayo de Alsmairat *et al.*, (2011), se estudió la eficacia del uso de AC en 9 cultivares de arándano, confirmándose que los cultivares “Duke”, “Brigitta”, “Legacy”, “Liberty” y “Toro” respondieron adecuadamente ante periodos prolongados de almacenamiento con AC. A su vez, las bolsas perforadas se comportan de manera similar a las bolsas de AM, el ambiente húmedo que se genera al interior de la bolsa permite reducir la pérdida de peso y la deshidratación del fruto (Rodríguez y Zoffoli, 2016). De hecho, Moggia *et al.*, (2012), demostraron que el uso de bolsas tras 30 d de almacenaje, reducía la proporción de fruta deshidratada, la proporción de fruta deshidratada fue de 4-10% en los tratamientos con bolsa, frente al 20-30% para los frutos sin bolsa, incluso, la fruta embolsada conservo mejor su firmeza.

Por ende, todas las operaciones en cosecha y postcosecha deben estar enfocadas en maximizar la calidad de la fruta, para que tenga una buena llegada al consumidor final (INIA, 2017).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización y material vegetal

El huerto comercial ('El Roble') en donde se realizó el ensayo se encuentra ubicado en la provincia de Linares, Región del Maule, Chile (35°49'434", 71°33'374"). Se trabajó con frutos de arándano (*V. corymbosum* L.) cultivar Duke de 16 años de edad. Las plantas están ubicadas con orientación Norte-Sur en un marco de plantación de 2,5 x 1 mts. Las plantas se seleccionaron según su condición fitosanitaria, similitud en estructura vegetal y carga frutal con las demás plantas.

#### 3.2. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental en bloques al azar, los factores son la frecuencia de cosecha (3, 6 y 9 días) y el uso de bolsas microperforadas. Los tratamientos están conformados por 4 repeticiones (bloques), cada bloque correspondió a una hilera distinta. Cada repetición se compuso de 5 plantas contiguas y los tratamientos se separaron por 2 plantas.

#### 3.3. Ensayo

En este ensayo se evaluaron 2 factores, la frecuencia de cosecha (3, 6 y 9 días) y el uso de bolsas perforadas. Para la primera cosecha se recolectó toda la fruta con color 100% azul, de todas las plantas para cada frecuencia de cosecha. Luego desde ese punto, se recolectó la fruta 100% color azul dependiendo de su día de cosecha. Repitiéndose este proceso hasta agotar la fruta de la planta, o, hasta que se haya logrado un muestreo completo de los factores a estudiar.

Se cosechó por cada repetición 5 clamshells con 125g de fruta (1 para madurez inicial, 2 para almacenaje en frío con bolsa y 2 para almacenaje en frío convencional), donde solo se consideró la fruta 100% de color azul y se descartó la fruta dañada, podrida y/o que presente algún defecto visual. Después de cosecha se transportó directamente a la Estación Experimental Laboratorio de Investigación y Desarrollo del Centro de Servicio de AgroFresh Curicó (Región del Maule, Curicó, Chile), donde se almacenaron y realizaron los análisis correspondientes.

#### 3.4. Evaluaciones

Se evaluaron 50 frutos por repetición, la primera medición se realizó apenas llegaron los frutos al laboratorio (madurez inicial). Y, posteriormente se realizó la misma medición a los frutos después de

haber sido almacenados por 45 y 60 días en frío convencional y en frío con bolsas perforadas a 0°C y 90-95% de humedad relativa (madurez en postcosecha).

De cada repetición se tomaron 50 frutos, un total de 200 frutos por tratamiento. De estos frutos se realizaron las siguientes mediciones:

#### 3.4.1. Peso del fruto

Se hicieron las mediciones de peso con una balanza digital con precisión de 0,1g (modelo TX323L, Shimadzu, Tokio, Japón). Los datos obtenidos se expresaron en (g).

#### 3.4.2. Firmeza

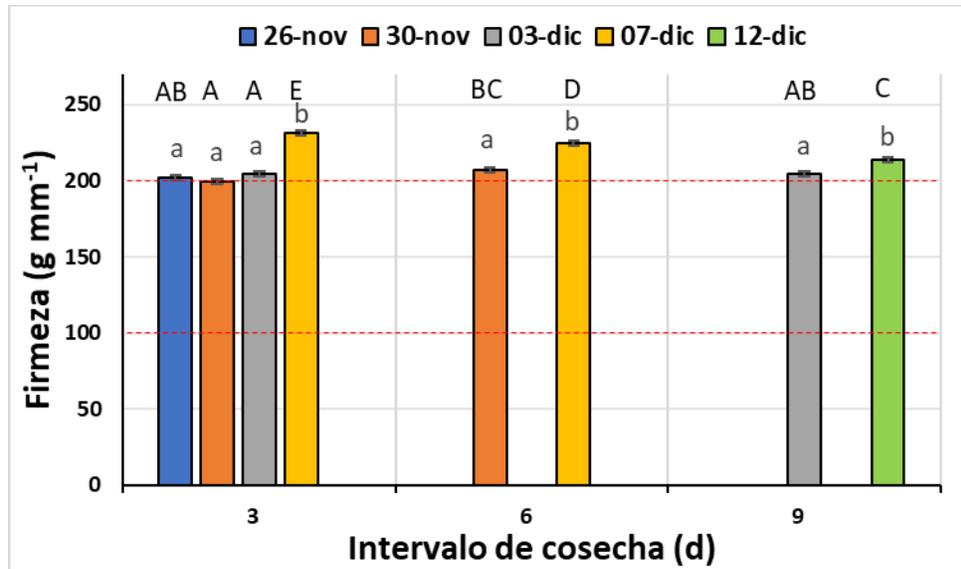
Se midió la firmeza con un equipo no destructivo Firm Tech 2 (Bioworks, inc., Wamego, KS., USA), este equipo mide la compresión del fruto según la distancia y tiene una tasa de compresión de 6 g mm<sup>-1</sup> (Moggia et al., 2017). Los valores registrados se expresaron como g mm<sup>-1</sup>. Los frutos almacenados en frío fueron medidos después de que estos alcanzaron una temperatura de 20°C a temperatura ambiente.

#### 3.5. Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), previa verificación de la homogeneidad de la varianza a través de la prueba de Levene's ( $p \geq 0,05$ ). Cuando se presentaron diferencias significativas, se realizó separación de medias mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Todos los análisis se realizaron con el programa Statgraphics Centurion ® XVI (versión 16.1.03, Statgraphics Technologies, Inc. Virginia, EE. UU.).

#### 4. RESULTADOS

Aunque levemente mayor en el intervalo de 6 d, no se evidenciaron grandes diferencias en la firmeza en la primera cosecha de cada intervalo (3x1, 6x1, 9x1); no obstante, la firmeza de la fruta de la última cosecha de cada intervalo (3x4, 6x2 y 9x2) fue siempre mayor que la primera. Respecto del intervalo de 3 d, no se detectaron diferencias para las primeras tres cosechas (3x1, 3x2 y 3x3).



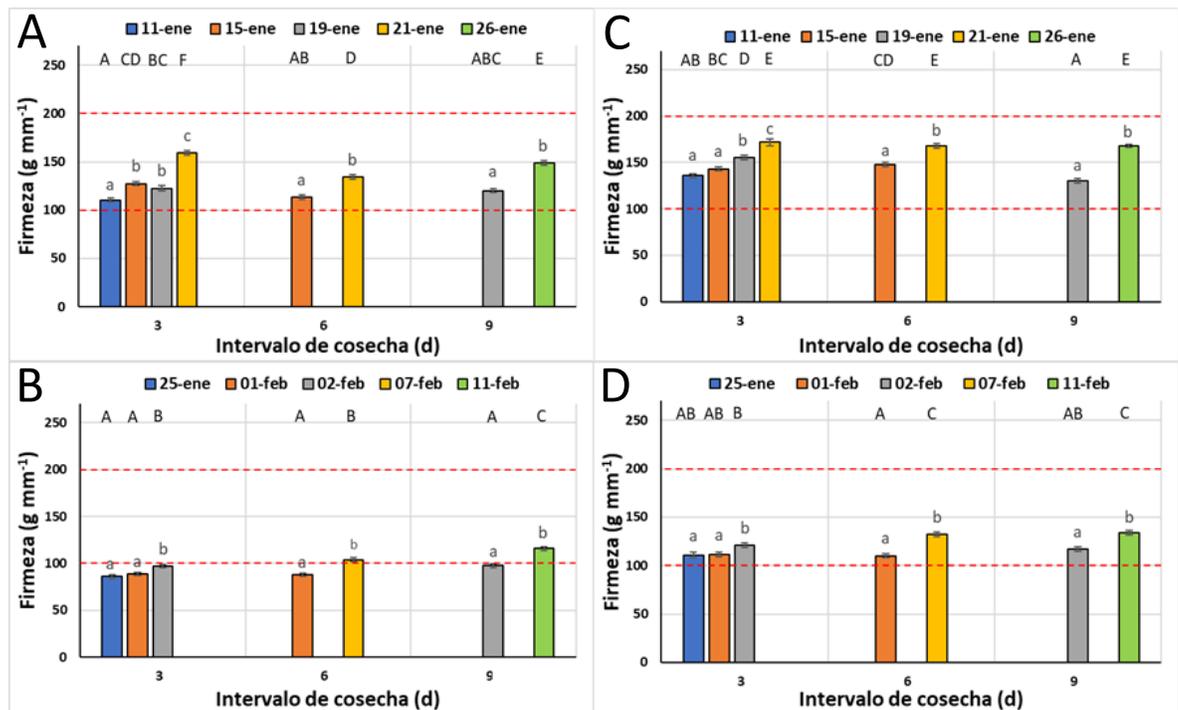
**Figura 1.** Firmeza del cv. 'Duke' a cosecha para cada intervalo y colecta dentro de éste. Letras minúsculas indican diferencias dentro de cada intervalo y mayúsculas considerando cada colecta como un tratamiento independiente. Barras representan error estándar. Para efectos referenciales, se presentan dos líneas horizontales rojas en 100 y 200 g·mm<sup>-1</sup>.

Después de 45 y 60 d (Figs. 2A y B, respectivamente) de almacenaje en frío convencional (0°C, 90 - 95% HR), la pérdida de firmeza de los frutos es evidente; reducciones de hasta 45 y 55% para los 45 y 60 d, respectivamente (Fig. complementaria 1, A y B).

En términos globales, tanto en 45 como a los 60 d se mantienen las mismas tendencias que a cosecha; salvo por las recolecciones intermedias del intervalo de 3 d (3x2 y 3x3), las que se diferenciaron del 3x1 a los 45 d (Fig. 2 A). Dentro de cada intervalo, la fruta de la última colecta presentó la mayor firmeza, estas diferencias entre la primera y última colecta disminuyeron en la medida que la guarda se extendió.

Cuando se comparan las firmezas máximas dentro de cada intervalo (Figs. 2 A y B), a los 45 d la mayor firmeza se obtuvo en 3x4, seguida de 9x2 y, finalmente, 6x2 (Fig. 2 A). Al contrario, a los 60 d, estos tratamientos no se diferenciaron estadísticamente (Fig. 2 B).

Respecto al uso de bolsas (Figs. 2 C y D), salvo por las recolecciones intermedias del intervalo de 3 d (3x2 y 3x3), mantuvieron idénticas tendencias, aunque con mayores niveles de firmezas. Se redujo la pérdida de firmeza hasta un 15 y 10% en los 45 y 60 d (Fig. complementaria 1, C y D), respectivamente.



**Figura 2.** Firmeza del cv. 'Duke' para cada intervalo y colecta dentro de éste, después de 45 (A) y 60 d (B) de almacenaje en frío convencional (0°C, 90-95%HR), sin (A y B) y con el uso de bolsas perforadas (C y D). Letras minúsculas indican diferencias dentro de cada intervalo y mayúsculas considerando cada colecta como un tratamiento independiente. Barras representan error estándar. Para efectos referenciales, se presentan dos líneas horizontales rojas en 100 y 200 g·mm<sup>-1</sup>.

## 5. DISCUSIÓN

Una vez que el fruto se cosecha de la planta tiende a ablandarse por deshidratación (Paniagua *et al.*, 2013), siendo este uno de los procesos más limitantes en la cadena de exportación de fruta fresca (Vicente *et al.*, 2007). Además, debido a la rápida maduración del arándano, los componentes de la pared celular (pectina, celulosa y hemicelulosa) se degradan impactando en el ablandamiento según el genotipo y el ambiente (Ballinger *et al.*, 1973; Beaudry, 1992; Vicente *et al.*, 2007; Toivonen y Brummell, 2008; Lobos *et al.*, 2014; Moggia *et al.*, 2017); por lo que las variedades genéticamente más firmes pueden tener una frecuencia de cosecha más baja (Ehlenfeldt, 2005).

La prolongada floración y maduración del arándano, menor en el caso de 'Duke', implica la necesidad de realizar múltiples cosechas, siendo el intervalo entre cada una de ellas (tiempo transcurrido en que la misma planta es vuelta a cosechar) considerado uno de los aspectos más relevantes para maximizar la vida de la fruta en postcosecha. Si bien, en Norte América, donde la postcosecha no supera los 14 días para estar a la venta en cualquiera de sus supermercados, el intervalo de cosecha nunca ha sido un aspecto relevante; menos todavía con la masividad del uso de cosecha mecánica para fruta fresca. Aun así, se han realizado estudios donde se sugiere que retrasar la cosecha podría no tener un impacto significativo cuando el almacenaje es a corto plazo (<35d) (Kushman y Ballinger, 1963; Lobos *et al.*, 2014); aun cuando se esperó hasta que la planta tuviera aproximadamente un 60% de la fruta azul antes de ser cosechada (Lobos *et al.*, 2014).

En cambio, en Chile, con envíos entre 25 y 60 d, cuando se piensa en los destinos más lejanos, el intervalo de cosecha parece cobrar mayor relevancia. En efecto, estudios recientes han demostrado que tan solo 6 días de retraso en la cosecha pueden impactar hasta en un 40% la firmeza en postcosecha (Lobos *et al.*, 2018). Además, si se considera que en la actualidad existe escasez de mano de obra por la competencia con rubros más rentables como el mercado de exportación de cerezas, es común que los agricultores contraten pocas personas por periodos más largos. Lo anterior ha impactado directamente en el intervalo de cosecha, y, aun cuando se hacen esfuerzos por disminuirlos, no existe claridad del impacto de la frecuencia de cosecha sobre el potencial de guarda de la fruta.

De acuerdo con los valores a cosecha (Fig. 1), el número de la colecta dentro de cada intervalo impactaría de manera diferente. Contrario a lo esperado, en la primera cosecha de cada intervalo (3x1, 6x1 y 9x1) la fruta no varió en firmeza. Adicionalmente, también llama la atención que la firmeza se incremente en la medida que avanza la temporada. No obstante, estas diferencias en términos generales se mantienen en la postcosecha; tanto en 45 como en 60 d de guarda.

Al momento de cosecha coexisten racimos con distintas proporciones de frutos maduros en plantas con desigual estado de avance de la madurez; cada racimo puede estar constituido tanto por frutos completamente azules (índice de cosecha en la industria) como otros que recién cuajan (Moggia *et al.*, artículo en redacción).

En vides, se ha demostrado que el desprendimiento de bayas dentro de un racimo produce alteraciones fisicoquímicas dentro del mismo, afectando a las bayas restantes al momento de cosecha (Sivilotti *et al.*, 2020). Los viticultores suelen utilizar el floreo como una práctica para mejorar y acelerar la maduración de las bayas, se supone que de esta nueva relación entre la superficie foliar y el fruto después del floreo, permite al fruto alcanzar un nivel de madurez adecuado (Frioni *et al.*, 2017; Kliewer y Dokoozlian, 2005).

Es probable que, en el primer floreo, orientado a unificar el estado de madurez dentro de cada racimo antes de comenzar las evaluaciones, los racimos en los que se recolectó fruta fueron los mismos de donde se cosecho para la primera cosecha (3x1, 6x1 y 9x1). Dado el rápido avance de la madurez de 'Duke' y la alta heterogeneidad de la fenología dentro de cada racimo, hacen pensar que los frutos de la primera cosecha provenían de los mismos racimos de donde salió el floreo. Lo anterior explicaría porque la fruta de la primera cosecha fue inferior a la última recolección. De esta forma, los frutos colectados en la última cosecha (3x4, 6x2 y 9x2) provendrían de racimos que no fueron intervenidos previamente (floreo o primera cosecha), por lo que no se alteraría su tasa de crecimiento ni composición química, maximizando la vida postcosecha.

Lo anterior implica que no necesariamente un intervalo de cosecha más corto (3 d) es mejor que uno más largo (6 o 9 d), siendo la velocidad de avance de la madurez y la heterogeneidad fenológica dentro del racimo, factores clave para definir el intervalo de cosecha. En este sentido, Strik (2019) sugiere que las frecuencias de cosechas no deberían ser siempre la misma, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y el ritmo de maduración de la baya. De acuerdo a estos resultados, para cultivares de rápida madurez y con poca mano de obra local, como ocurre en Chile, se podría dejar más tiempo el fruto en el arbusto, reduciendo los costes de cosecha, los que representan más del 80% de los costos operacionales anuales.

Por su parte, los resultados de la fruta con bolsa, en donde se mantuvieron las tendencias analizadas, solo reafirman su utilidad para mantener la firmeza por más tiempo, clave en cultivares de rápido ablandamiento como 'Duke'; resultados similares a los ampliamente descritos en la literatura (Bounous *et al.*, 1997; Moggia *et al.*, 2014; Retamales y Hancock, 2012; Rodríguez *et al.*, 2015; Rodríguez y Zoffoli, 2016)

## 6. CONCLUSIONES

A diferencia de lo esperado en este ensayo, los resultados demuestran que, al menos en el cultivar 'Duke', los intervalos de cosecha podrían no tener una mayor significancia en el ablandamiento del fruto y pérdida de firmeza en postcosecha, permitiendo extender el intervalo de cosecha sin consecuencias en la postcosecha. Los resultados a cosecha mantuvieron las tendencias aún luego de ser almacenada por 45 y 60 d en frío convencional, aunque con menores firmezas, lo que indicaría que una cosecha más regular no signifique necesariamente mayores firmezas.

Como ya se ha demostrado en estudios anteriores, el uso de bolsas perforadas (0,9%) resultó ser una medida que permitió mantener una mejor firmeza de los frutos luego de 45 y 60 d de almacenamiento en frío. Al igual que el almacenaje en frío convencional, se mantuvieron las tendencias, pero con mayores niveles de firmeza.

La diferenciada madurez entre los frutos dentro del racimo, además de la influencia de factores externos como el clima, no permiten asegurar una real eficacia del uso de la frecuencia de cosecha como método significativo para reducir la variabilidad entre frutos y obtener una mejoría en la firmeza. Por ende, se debe de seguir investigando en métodos indicadores de cosecha más objetivos que permitan cosechar con una menor variabilidad en la madurez de las bayas.

## 7. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

América economía. 2020. Perú supera a Chile y por primera vez lidera la exportación de arándanos. Agencia Peruana de Noticias. [En línea] Recuperado en: <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/peru-supera-chile-y-por-primera-vez-lidera-la-exportacion-de-arandanos>. Consultado el 13 de junio del 2020.

Amstrong, A. 2019. ¿Ha llegado la industria del arándano a un punto crítico? Noticia del 29 de abril del 2019. simfruit. [En línea] Recuperado en <https://www.simfruit.cl/ha-llegado-la-industria-del-arandano-a-un-punto-critico/>. Consultado el 13 de junio del 2020.

Angón-Galván, P., Santos-Sánchez, NF., y Hernández-Carlos, G. 2006. Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. *Temas de Ciencia y Tecnología*, Vol. 10, 30, pp. 3-8.

Alsmairat, N., Contreras, C., Hancock, J.F., Callow, P. and Beaudry, R. 2011. Use of combinations of commercially relevant O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> partial pressures to evaluate the sensitivity of nine highbush blueberry cultivars to controlled atmospheres. *HortScience* 46, 74-79.

Ballinger, W., Kushmann, L., and Hammann, D. 1973. Factors Affecting the firmness of Highbush Blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98 (6): 583 – 587.

Beattie, B., y Wade, N. 1997. Almacenamiento, maduración y manipulación de las frutas. In: Arthey D. y P.R. Ashurst (eds.). *Procesado de frutas*. Acibia, Zaragoza, España. pp. 43-75.

Beaudry R. 1992. Blueberry quality characteristics and how they can be optimized. *Annual Report of Michigan State Horticultural Society* 122: 140-145.

Bounous, G., Giacalone, G., Guarinoni, A., and Peano, C. 1997. Modified atmosphere storage of highbush blueberry. *Acta Hort. (ISHS)* 446:197-203.

Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Capítulo 1: Cosecha, p 1.

Chiabrando, V., Giacalone, G., and Rolle, L. 2009. Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the science of food and agriculture*, 89: 989-992.

Dale, J. 1992. How do leaves grow? Advances in cell and molecular biology are unraveling some of the mysteries of leaf development. *BioScience* 42, 423–432.

Darnell, R. 2006. Blueberry botany/environmental physiology. In: Childers, N.F., Lyrene, P.M. (Eds.), *Blueberries - For Growers, Gardeners, Promoters*. Norman F. Childers Horticultural Publications, Gainesville, Florida, pp. 5–13.

Darnell, R.; Stutte, G.; Martin, G.; Lang, G.; and Early, J. 2010. Developmental physiology of rabbiteye blueberry. *Hort. Review* 13: 339-405.

Ehlenfeldt, M. 2005. Fruit firmness and holding ability in highbush blueberry – implications for mechanical harvesting. *Int. J. Fruit Sci.* 5:83–91.

Ehlenfeldt, M., Meredith, F., and Ballington, J. 1994. Unique organic acid profile of rabbiteye vs. highbush blueberries. *HortScience* 29:321-323.

Fedefruta. 2018. Producción mundial de arándanos se incrementó 181% en 20 años. Noticia del 05 de enero del 2018. Fedefruta. [En línea] Recuperado en: <https://fedefruta.cl/produccion-mundial-de-arandanos-se-incremento-181-en-20-anos/> . Consultado el: 04 de agosto de 2020.

Feippe, A., Ibáñez, F., Fredes, A., Varela, P., y Lado, J. 2012. Efecto del estado de desarrollo de arándanos sobre las propiedades físico-químicas. *Revista INIA N° 30*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Las Brujas y Salto Grande, Chile. pp. 39-42.

Forney, C. 2009. Post-harvest issues in blueberry and cranberry and methods to improve market-life. *Acta Hortic.* 810, 785–798.

Fresh Plaza. 2019. Resumen del mercado global del arándano. Noticia del 11 de enero del 2019. Fresh Plaza. [En línea] Recuperado en: <https://www.freshplaza.es/article/9060164/resumen-del-mercado-global-del-arandano/>. Consultado el 10 de junio del 2020.

Froni, T., Zhuang, S., Palliotti, A., Sivilotti, P., Falchi, R., and Sabbatini, P. 2017. Leaf removal and cluster thinning efficiencies are highly modulated by environmental conditions in cool climate viticulture. *Am. J. Enol. Vitic.* 68, 325–335. <https://doi.org/10.5344/ajev.2017.16098>.

García R., García G., y Ciordia M. 2013. Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Servicio regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA). *Revista Tecnología agroalimentaria* 12:5-8.

González, A., Subercaseaux, J., y Ellena, M. 2013. 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*. INIA. Ministerio de Agricultura. Vilcún, Chile. 182 p. Recuperado en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR39074.pdf>. Consultado el 04 de agosto de 2020.

Gordó, M. 2011. Guía práctica para el cultivo de arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. Ed. INTA, EEA San Pedro Bs As. pp. 1-3, 5. Recuperado en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mg\\_0801.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mg_0801.pdf). Consultado el 04 de agosto del 2020.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2017. Boletín INIA n° 6, Manual de Manejo Agronómico del Arándano. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <https://www.indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manual-arandanos.pdf?sfvrsn=0>. Consultado el 13 de junio del 2020.

Jackman, R., and Stanley, D. 1995. Perspectives in the textural evaluation on plant foods. *Food Science and Technology* 6:187–194.

Janick, J., and Moore, J. (Eds.). 1997. *Fruit Breeding, volume II: vine and small fruits*. Jhon Wiley & Sons, inc. New York, Estados Unidos. Chapter 1: Blueberries, Cranberries and Lingonberries. p 63.

Kader, A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A. (ed.). *Postharvest technology of horticultural crops (2nd ed.)*. University of California pub N. 3311. pp. 15-20.

Kader, A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. In *International Symposium Effect of Pre- & Postharvest factors in Fruit Storage* 485. pp. 203-208.

Kader, A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, California. pp.55-62.

Kliewer, M., and Dokoozlian, N. 2005. Leaf area / crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *Am. J. Enol. Vitic.* 56, 170–181.

Kushman, L., and Ballinger, W. 1963. Influence of season and harvest interval upon quality of Walcott blueberries grown in eastern North Carolina. *Proc. Am. Soc. Hortic. Sci.* 83, 395–405.

Kushman, J., and Ballinger, W. 1968. Acid and sugar changes during ripening in Wolcott blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92: 290-295.

Larrañaga, P. y Osore, 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., and Hancock, J. 2014. The effect of delaying harvest date on fruit quality and storage of late highbush blueberry cultivars (*Vaccinium corymbosum* L.). *Postharvest Biol. Technol.* 87:133–139.

Lobos, G., Bravo, C., Valdés, M., Graell, J., Ayala, I. L., Beaudry, R., and 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.

Lobos, G., and Hancock, J. 2015. Breeding blueberries for a changing global environment: a review. *Frontiers in Plant Science* 6:782.

Michalska, A., and Łysiak, G. 2015. Bioactive compounds of blueberry: post-harvest factors influencing the nutritional value of products. *International Journal of Molecular Sciences* 16: 18642-18663.

Moggia, C. 1991. Aspectos de cosecha y postcosecha de arándanos In: Arándano, Seminario internacional Producción comercial y perspectivas económicas. 3-4 de octubre de 1991. Talca, Chile.

Moggia, C., Beaudry, R., Retamales, J., and Lobos, G. 2017. Variation in the impact of stem scar and cuticle on water loss in highbush blueberry fruit argue for the use of water permeance as a selection criterion in breeding. *Postharvest Biology and Technology* 132: 88-96.

Moggia, C., Graell, J., Laram I., Schmeda-Hirschmann, G., Thomas-Valdés, S., and Lobos, G. 2016. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Acta horticulturae* 211: 449-457.

Moggia, C., Graell, J., Lara, I., González, G., and Lobos, G. 2017. Firmness at harvest impacts postharvest fruit softening and internal browning development in mechanically damaged and non-damaged highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Front. Plant Sci.* 8:535.

Moggia, C., Lobos, G., and Retamales, J. 2014. Modified atmosphere packaging in blueberries: effect of harvest time and moment of bag sealing. In X International Symposium on Vaccinium and Other Superfruits 1017. pp. 153-158.

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

Norberto, S.; Silva, S.; Meireles, M.; Faria, A.; Pintado, M.; and Calhau, C. 2013. Blueberry anthocyanins in health promotion: A metabolic overview. *J. Funct. Foods* 2013, 5, 1518–1528.

Paul, V., and Pandey, R. 2011. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability-a review. *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 51:1223-1250.

Paniagua, A., East, A., and Heyes, J. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest biology and technology*, 79:13-19.

Paniagua, A., East, A., and Heyes, J. 2014. Interaction of temperature control deficiencies and atmosphere conditions during blueberry storage on quality outcomes. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 50-59.

Pefaur, J. 2020. Boletín de fruta, mayo 2020. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Gobierno de Chile. [En línea] Recuperado en: <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-mayo-2020>. Consultado el 10 de junio del 2020.

Perkins-Veazie, P. 2004. Blueberry. In: Gross, K., Wang, C., Salveit, M. (Eds.), The commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursey Stocks, vol. 66. USDA, ARS, Beltsville.

Pritts, M., Hancock, J., and Strik, B. 1992. Highbush blueberry production guide. Cooperative extension. Ithaca, New York, USA. 200 p.

Raven, P., Evert, R., y Eichhorn, S. 1992. Biología de las plantas. Vol. 2. 4ta Ed. Reverté S.A. Barcelona. Capítulo 24: Regulación del crecimiento y del desarrollo: las células vegetales, el etileno. pp. 285-286.

Retamales, J., and Hancock, J. 2012. Blueberries. Crop production science in horticulture series, 21. CABI. Cambridge. Chapter 2: Blueberry taxonomy and breeding. pp. 39-40 and Chapter 3: Growth and development. pp. 58-62.

Retamales, J., and Hancock, J. 2018. Blueberries, 2<sup>nd</sup> edition. Crop production science in horticulture series, 28. CABI. Boston. Chapter 9: Pre- and postharvest management of fruit quality. pp. 343-347.

Retamales, J., Palma, M., Morales, Y., Lobos, G., Moggia, C., and Mena, C. 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. Revista Brasileira de Fruticultura 36:58-67.

Rodríguez, M., Wyss, A., y Hormazábal, N. 2015. Evaluación de bolsa atmósfera modificada y concentraciones de anhídrido sulfuroso aplicadas sobre frutos de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald. Scientia Agropecuaria, 6, 259-270.

Rodriguez, J., and Zoffoli, J. P. 2016. Effect of sulfur dioxide and modified atmosphere packaging on blueberry postharvest quality. Postharvest Biology and Technology, 117, 230–238.

Salunkhe, D., Bolin, H., and Reddy, N. 1991. Storage, processing, and nutritional quality of fruit and vegetables. Vol. I: Fresh fruits and vegetables (2nd ed.) CRC Press, Florida, USA. 323 p.

Sanford, K., Lister, P., McRae, K., Jackson, E., Lawrence, R., Stark, R., and Prange, R. 1991. Lowbush blueberry quality changes in response to mechanical damage and storage temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:47–51.

Sivilotti, P., Falchi, R., Vanderweide, J., Sabbatini, P., Bubola, M., Vanzo, A., Lisjakd, K., Peterlunger, E. and Herrera, J. 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.

Strik, B. 2019. Frequency of harvest affects berry weight, firmness, titratable acidity, and percent soluble solids of highbush blueberry cultivars in Oregon. *JOURNAL OF THE AMERICAN POMOLOGICAL SOCIETY*, 73, 254-268.

Syvertsen, J., Goñi, C., and Otero, A. 2003. Fruit load and canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of “Spring” navel orange trees. *Tree Physiol* 23:899–906.

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., and Brummell, D. 2008. Biochemical bases and appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest biology and technology* 48: 1-14.

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

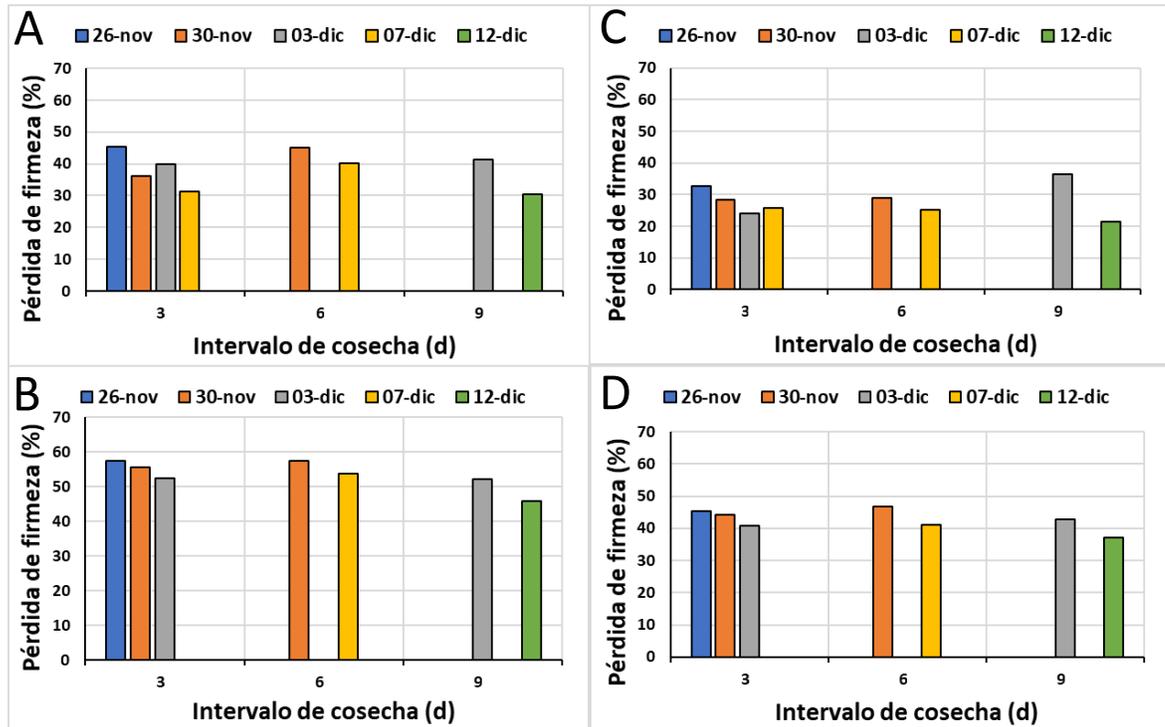
Vicente, A., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A., Greve, L., and Labavitch, J. 2007. Temporal Sequence of Cell Wall Disassembly Events in Developing Fruits. 2. Analysis of Blueberry (*Vaccinium* Species). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4125–4130. doi:10.1021/jf063548j.

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

Zapata, L., Heredia, A., Malleret, A., Quinteros, F., Cives, H., y Carlazara, G. 2013. Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 14:186-194.

Zorenč, Z., Veberic, R., Stampar, F., Koron, D., and 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.

## 8. ANEXOS



**Figura complementaria 1.** Pérdida de firmeza (%) del cv. 'Duke' para cada intervalo y colecta dentro de éste, después de 45 (A) y 60 d (B) de almacenaje en frío convencional (0°C, 90-95%HR), y con el uso de bolsas perforadas (C y D).