



UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS

ESCUELA DE POSTGRADO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FRUTA DE DISTINTAS
VARIEDADES DE ARÁNDANO ALTO (*Vaccinium corymbosum* L.)
CULTIVADAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO DE
CHILE**

AFE para optar al Título Profesional de Ingeniero Agrónomo y al Grado de
Magíster en Ciencias agropecuarias

CONSTANZA VICTORIA OLMEDO ECHEVERRÍA

Director de AFE

CARLOS MUÑOZ SCHICK
LORETO PRAT DEL RIO

Profesores consejeros

RODRIGO INFANTE ESPÍNEIRA
ERWIN ABALLAY ESPINOZA

SANTIAGO - CHILE
2020

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
ESCUELA DE POSTGRADO

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA FRUTA DE DISTINTAS
VARIEDADES DE ARÁNDANO ALTO (*Vaccinium corymbosum L.*)
CULTIVADAS EN LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO DE
CHILE

AFE presentada como parte de los requisitos para optar al Título Profesional de
Ingeniero Agrónomo y al Grado de Magíster en Ciencias agropecuarias.

CONSTANZA VICTORIA OLMEDO ECHEVERRÍA

	Calificaciones (Memoria de Título)	Calificaciones (Tesis de Grado)
DIRECTOR DE AFE		
Carlos Muñoz S. Ingeniero Agrónomo, Ph.D.	X,X	X,X
M. Loreto Prat D. Ingeniero Agrónomo, Mg, Dr.	X,X	X,X
PROFESORES CONSEJEROS		
Rodrigo Infante Espiñeira Ingeniero Agrónomo, Dr.	X,X	X,X
Erwin Aballay Espinoza Ingeniero Agrónomo, Ph. D.	X,X	X,X

Santiago, Chile
2020

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA

Agradecer primeramente a Dios por su amor y fidelidad en todos estos años, sin duda me ha acompañado en cada momento, sin él nada de esto hubiera sido posible. A mis amados padres por ser un soporte en toda mi vida, gracias por todo su amor y comprensión. A cada uno de los integrantes de mi familia por su cariño y consejos. A mi amado Mauricio que ha sido mi apoyo constante, gracias por tu amor sincero, paciencia, y por entregarme palabras de calma en situaciones de estrés. A mis amigas Caty, Elibeth y Belén, por cada momento que vivimos juntas en el transcurso de nuestra vida universitaria, gracias por su cariño y compañía.

A mis profesores guías Loreto Prat y Carlos Muñoz, les agradezco la oportunidad que me dieron de realizar este trabajo, por la dedicación que tuvieron hacia mí en orientarme y corregirme durante el transcurso de la investigación. A los profesores Américo Contreras y Loreto Contador, por la paciencia y la disposición en responder las dudas que fueron surgiendo. A mis mentores Juan Cares y Amanda Donoso que han sido un gran apoyo durante todo este proceso, les agradezco cada respuesta a mis inquietudes y cada consejo oportuno.

Un especial agradecimiento al team arándanos (Pablito, Eve, Karencilla, Edu, Aris, Luis, Don miguel, Nico, Claudio) por cada día de intensas cosechas, análisis de fruta y momentos de risa ¡puro aguante!.

Agradecer a proyecto CORFO 13CTI-21520-SP01 quienes hicieron posible la realización de esta investigación a través de su financiamiento.

Jehová es mi fortaleza y mi escudo; en él confié mi corazón y fui ayudado .. Salmos 28:7

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
MATERIALES Y MÉTODOS	4
Ubicación del estudio.....	4
Material vegetal.....	4
Manejo agronómico del experimento.....	4
Tratamiento y diseño experimental.....	5
Manejo del experimento.....	5
Evaluaciones	6
Análisis estadístico.....	7
RESULTADOS.....	8
Producción de las variedades	8
Calidad de las bayas	8
DISCUSIÓN	16
CONCLUSIONES	19
LITERATURA CITADA.....	20

Índice de cuadros

Cuadro 1: Descripción de las características de las bayas en cada una de las muestras evaluadas a las variedades Ventura, Flicker, Sweetcrisp, Millenia, Suziblue.....	6
Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson entre diámetro ecuatorial y tamaño de cicatriz de las 21 variedades de arándanos cosechadas en temporada 2018-2019.....	10
Cuadro 3. Porcentaje de restos florales y pruina (no persistente) de las 21 variedades de arándanos evaluados al momento de cosecha 2018-2019.....	11
Cuadro 4. Matriz de correlación de Pearson entre peso de fruto y fuerza máxima luego de días de almacenamiento.....	15

Índice de figuras

Figura 1. Peso total de las 21 variedades de arándanos, expresado en kilogramos por planta, en la temporada (2018-2019) y temporada (2019-2020). Barras verticales indican el error estándar.....	8
Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables de peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, contenido de sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT) y relación de CSS/AT en bayas de 21 variedades de arándanos, en dos temporadas de cosecha. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.....	9
Figura 3. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de 21 variedades de arándanos al momento de cosecha, de ambas temporadas. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.....	10
Figura 4. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.....	12
Figura 5. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro, 5 y 12 días sobremaduro en planta. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.....	13
Figura 6. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.....	14

Figura 7. (a) Pérdida de peso (%) (b) Fuerza máxima (N) de fruto en seis variedades de arándanos en estado maduro, transcurridos 5 y 12 días en almacenamiento a 20°C. Barras verticales indican el error estándar.....15

Índice de anexos

Anexo I. Figura 1. Curva de fuerza (N) versus distancia (mm) obtenida en arándanos, la cual señala parámetros como elasticidad, área, fuerza máxima y posruptura.....24

Anexo II. Cuadro 1. Variedades disponibles en la colección de variedades establecidas en la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile, su origen y alguna de sus principales características.....25

Índice de apéndice

Apéndice I. Figura 1. Parcela con las 21 variedades de arándanos, ubicada en la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.....26

Apéndice II. Cuadro 1. Tamaño de cicatriz (mm) y diámetro ecuatorial (mm) en bayas de 21 variedades de arándanos, temporada (2018-2019).....27

Apéndice II. Cuadro 2: Valores de componentes principales obtenidos en cada una de las variables físico química evaluadas a madurez de cosecha.....28

Apéndice II. Cuadro 3. Matriz de correlación de Pearson entre peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, contenido de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT) y relación CSS/AT en bayas de 21 variedades de arándanos, en ambas temporada de cosecha.....28

Apéndice II. Cuadro 4: Peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar de las 21 variedades de arándanos en dos temporadas de cosecha.....29

Apéndice II. Cuadro 5: Concentración de sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT) relación CSS/AT de las 21 variedades evaluadas en dos temporadas de cosecha.....29

Apéndice III. Cuadro 1. Valores de componentes principales obtenidos en cada una de las variables de textura evaluadas a madurez de cosecha.....30

Apéndice III. Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson entre parámetros de textura de las 21 variedades de arándanos, evaluadas en dos temporadas de cosecha.....30

Apéndice III. Cuadro 3. Fuerza máxima (N), área fuerza máxima (N. mm), módulo de young (N/mm), obtenidos en la prueba de punción de fruto de 21 variedades de arándanos en dos temporadas de cosecha.....	31
Apéndice III. Cuadro 4. Número de peaks, área total (N.mm), fuerza final (N) y distancia lineal (mm) obtenidos en la prueba de punción de fruto de 21 variedades de arándanos evaluados en dos temporadas de cosecha.....	31
Apéndice IV. Cuadro 1: Valores de componentes principales obtenidos para cada variable de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha.....	32
Apéndice IV. Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha.....	32
Apéndice IV. Cuadro 3. Valores de componentes principales obtenidos para cada variable de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro y días en planta.....	32
Apéndice IV. Cuadro 4. Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro y días en planta.....	33
Apéndice IV. Cuadro 5: Valores de componentes principales obtenidos para cada parámetro de textura de seis variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C.....	33
Apéndice IV. Cuadro 6: Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de 6 variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C.....	33

RESUMEN

Uno de los desafíos de la industria de fruta fresca chilena es mejorar la calidad y las condiciones con las cuales la fruta llega a los mercados internacionales. Para lograr este objetivo, uno de los medios más efectivos es el reemplazo de variedades antiguas por modernas mejor adaptadas para viajes de larga distancia y con mejor vida de postcosecha. En arándanos, muchas variedades nuevas se encuentran disponibles en Chile, pero estas no han sido evaluadas, particularmente en la calidad de fruta. El objetivo de este estudio fue caracterizar la producción y la calidad de la fruta de 21 cultivares de arándanos en dos temporadas consecutivas (2018/19-2019/20). Adicionalmente, en la temporada 2019/20, se seleccionaron 6 variedades de los 21 para determinar la textura de la fruta al momento de cosecha, sobremadura en la planta y después de un almacenamiento de 5 y 12 días a 20°C. Los resultados mostraron que 'Suziblue' fue la variedad más productiva. Con respecto a la calidad de la fruta, 'Scintilla' presentó los valores promedio más altos para peso y tamaño de fruto. La relación entre el contenido de sólidos solubles y acidez titulable (CSS/AT) fluctuó entre 11,8 y 68,1. 'Sweetcrisp' mostró valores promedio altos en los parámetros de textura.

Palabras claves: Crocancia, firmeza, sólidos solubles, texturómetro.

ABSTRACT

One of the challenges of the Chilean fresh fruit industry is to improve the quality and conditions of the fruit that reaches to the international markets. To achieve this challenge, one of the most effective means is the replacement of old varieties by modern ones better adapted for long distant transport and good postharvest life. In blueberries, many new varieties are available in Chile, but they have not been evaluated, particularly in their fruit quality. The objective of this research was to characterize the production and fruit quality of 21 blueberries varieties in a two consecutive production cycles (2018/19 – 2019/20). In addition, in the season 2019/20, 6 varieties out of the 21 were selected to determine fruit texture at harvest time, when overripe in the plant and when stored at 20°C for 5 y 12 days. Results showed that ‘Suziblue’ is the most productive varieties. Regarding the quality of the fruit, ‘Scintilla’ presented the highest average values for weight and size. The ratio of soluble solid content and titratable acidity (CSS/AT) fluctuated between 11,8 and 68,1. ‘Sweetcrisp’ showed highest average values in the texture parameters.

Key words: Crispness, firmness, soluble solids, texturometer.

INTRODUCCIÓN

Los arándanos pertenecen a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium*. Dentro de las especies cultivadas se encuentra el arándano alto (*V. corymbosum* L.) y el ojo de conejo (*V. ashei* Reade) que corresponden a las dos especies de mayor importancia comercial. Dentro de los arándanos altos, existen dos tipos: los del sur o “Southern Highbush” los que tienen bajo requerimiento de frío invernal (Cortés *et al.*, 2016; Retamales *et al.*, 2014; Konarska, 2015). Los del norte o “Northern Highbush” están adaptados a temperaturas bajas y se caracterizan por tener un alto requerimiento de frío invernal para un correcto desarrollo floral (Hancock, 2006). El fruto es una baya esférica que se torna de color azul oscuro en la madurez (Cortés *et al.*, 2016), cubierto de ceras o pruina. Las bayas contienen altas cantidades de compuestos fenólicos (Liu *et al.*, 2019) que generan beneficios para la salud, previniendo enfermedades neurodegenerativas, cardiovasculares, diabetes y cáncer (Zafra-Stone *et al.*, 2007). Debido a las características funcionales mencionadas, esta fruta se ha convertido en una de la más consumidas a nivel mundial (Wang *et al.*, 2018).

La superficie plantada con arándanos en Chile se concentra en las regiones del Maule y de Ñuble, donde se cultiva principalmente variedades “Northern highbush”. Con el fin de elevar la producción y abordar más mercados, la estrategia de la industria fue ampliar la zona de plantación hacia el norte del país para producir fruta temprana, donde además se tiene condiciones climáticas más benignas y una menor susceptibilidad a las enfermedades fúngicas. En esta zona centro-norte se trabaja con variedades del tipo “Southern Highbush” (ODEPA, 2020; Bañados 2009). Chile tiene una gran industria exportadora de arándanos frescos y debido a la contra estacionalidad tiene la ventaja comercial de suministrar fruta fuera de temporada al hemisferio norte (Moggia *et al.*, 2016), siendo el principal destino Estados Unidos (ODEPA 2020). El mercado de este fruto es altamente competitivo y se enfoca en lograr un abastecimiento global durante todo el año (Moyano, *et al.*, 2019). Actualmente, existe un aumento en los volúmenes producidos, tanto en los países productores y exportadores (Guerrero y Opitz, 2020).

En este escenario, uno de los desafíos de la industria chilena es mejorar la calidad y condición con que la fruta llega a los mercados de destino, con el objetivo de tener la preferencia de los consumidores. Para lograr este objetivo, una de las medidas más efectivas es el recambio varietal, es decir, incorporar variedades que presenten mejores características de calidad (Retamales *et al.*, 2014; Comité de arándanos, 2019). La calidad en fruta está definida, por el conjunto de características organolépticas y nutricionales, que resultan de los procesos bioquímicos que ocurren en la fruta durante su maduración, los que a su vez influyen en cambios en las propiedades externas e intrínsecas de la fruta (Bianchi *et al.*, 2016). En arándanos, la calidad se relaciona con atributos como el peso de fruto, diámetro de las bayas, la cicatriz que deja el pedicelo al desprenderse, la textura (Konarska, 2015), y una serie de características químicas como el contenido de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT) y la relación CSS/AT (Retamales y Hancock, 2012). En los mercados de destino evalúan defectos en frutos tales como fruta inmadura, falta de pruina, restos florales y rasgos de condición como descomposición y ablandamiento de fruta, siendo estos últimos los defectos más comunes que causan rechazos de envío (Moggia *et al.*, 2016).

La textura es un atributo clave utilizado en fruta fresca para evaluar la calidad y aceptabilidad por parte de los consumidores (Liu *et al.*, 2019; Giongo *et al.*, 2013). Se ha medido a través de análisis sensorial con paneles entrenados y de manera instrumental con equipos denominados texturómetros los cuales proporcionan un registro completo de los parámetros de textura a través de la curva fuerza/distancia (Chen y Opara, 2013; Li *et al.*, 2011; Rolle *et al.*, 2012). Debido al comportamiento viscoelástico de la fruta fresca, se pueden describir tres etapas progresivas en la curva que entregan los analizadores de textura: (i) deformación elástica; (ii) deformación plástica, ocurrencia de cambios irreversibles incluyendo la ruptura de tejidos; y, (iii) etapa posruptura (Foegeding *et al.*, 2011) (Anexo I, cuadro 1). En la primera etapa se determina la elasticidad o módulo de Young es equivalente a la rigidez de la muestra, este parámetro se calcula mediante la pendiente de la línea que conecta el origen (0:0) con el punto de ruptura (Harker *et al.*, 2010), si en esta etapa se eliminara la fuerza ejercida sobre la fruta, las células recobrarían su forma original (Harker *et al.*, 2010). La dureza de piel corresponde al área de fuerza máxima es por tanto el trabajo necesario para romper la muestra, se calcula como el área bajo la curva desde el punto (0:0) hasta el punto de ruptura de la baya (Zapata *et al.*, 2010).

En la segunda etapa ocurre la deformación plástica, en esta fase ocurre la ruptura de la estructura celular de la fruta (Bourne, 2002; Harker *et al.*, 2010; Sirisomboon *et al.*, 2012). El punto de ruptura indica la fuerza máxima necesaria para romper el tejido y es lo que se usa tradicionalmente para medir firmeza, es decir, el pico de fuerza (Khazaei, y Mann, 2004; Harker *et al.*, 2010). A partir de este punto comienza la etapa de posruptura, donde se obtiene información acerca de dureza que está definida por área bajo la curva entre fuerza inicial y fuerza final, esta última fuerza es el punto máximo de distancia recorrido del émbolo del texturómetro una vez que ha penetrado la pulpa de la baya. La crocancia de la pulpa está definida por las propiedades de fractura de los alimentos, sensorialmente se relaciona al sonido producido por los alimentos en boca, se asocia con el número de peaks que pudieran producirse en la curva (Harker *et al.*, 2010; Foegeding *et al.*, 2011; Van Vliet and Primo-Martin, 2011; Zapata *et al.*, 2010).

Con respecto a la cosecha de los frutos de arándanos se consideran listos cuando se tornan completamente azules, lo cual corresponde al indicador de cosecha utilizado a nivel comercial. Las bayas no maduran de manera uniforme (homogénea), es por esta razón que los productores esperan para que se acumule fruta azul en los arbustos para cosechar, sin embargo, existe la interrogante si este manejo impacta de manera negativa la calidad de la fruta en poscosecha (Retamales y Hancock, 2012). Esto explica la importancia de realizar investigación sobre el comportamiento de la textura en la fruta en etapas previas y posterior a cosecha de las diferentes variedades de arándanos (Moggia *et al.*, 2018).

A partir de los antecedentes anteriormente expuestos, es posible observar la importancia que tienen los diferentes aspectos de calidad de las bayas en relación con tamaño, sabor y textura. No obstante, existe escasa información con respecto a la caracterización de estos atributos en las diferentes variedades de arándanos altos cultivados en Chile.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar la producción y calidad de la fruta de una colección de variedades de arándanos alto (*V. corymbosum L.*) cultivados en la Región Metropolitana de Santiago de Chile.

Objetivos específicos

1. Caracterizar la producción y calidad de fruta de una colección de variedades de arándanos sobre la base de parámetros como peso, tamaño de fruto, tamaño de cicatriz, presencia de restos florales, persistencia de la pruina, contenido de sólidos solubles, acidez y textura.
2. Caracterizar la textura de seis variedades en diferentes etapas de madurez de las bayas (verde, cambio de color, maduro) sobremaduro en planta y almacenado a 20°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, ubicada en la Comuna de La Pintana en la Región Metropolitana de Santiago (33°34' S – 70°37' W).

El suelo del lugar del ensayo es un Mollisol de origen aluvial, perteneciente a la Serie Santiago (CIREN, 1996), el cual fue enmendado con una mezcla en parte iguales de turba y fibra de coco que se agregó en el hoyo de plantación en proporción de 2 partes de suelo y una parte de mezcla (turba/fibra) en volumen, con el objetivo de mejorar la aireación del suelo.

El clima del área de estudio es templado de tipo mediterráneo cálido, con una estación seca prolongada de 7 a 8 meses y cuyo régimen de precipitación promedio anual es de 366 mm concentrados en el periodo de invierno, la temperatura media anual es de 14,0 °C (Uribe et al., 2012).

Material vegetal

Las variedades evaluadas forman parte de una colección de 21 variedades de arándanos que fueron plantadas en octubre de 2016 con el objetivo de evaluar su comportamiento desde el punto de vista agronómico como de la calidad de la fruta que producen (Anexo II, cuadro 1).

Manejo agronómico del experimento

Las distintas variedades de arándanos se encuentran distribuidas de manera aleatoria en una parcela de 600 m² en la que hay 5 hileras, con un marco de plantación de 3 x 1 m. Las plantas se riegan mediante un sistema de riego por goteo automatizado consistente en dos cintas de riego, con goteros incorporados de 2 L/h separados cada 30 cm, ubicadas en paralelo, a cada lado de las hileras. Sobre el sistema de riego hay instalado un “mulch” consistente en una malla plástica anti-malezas de 1,2 m de ancho. El riego se realiza según necesidades del cultivo, a través del monitoreo visual de la humedad del suelo. El agua de riego proviene de un pozo profundo con agua con alto contenido de calcio y carbonatos. El pH del agua se corrige mediante la inyección de ácido fosfórico, hasta lograr un pH 3,5. La fertilización se hizo estimando la extracción de nutrientes por la fruta, aplicando, fundamentalmente, sulfato de amonio y sulfato de potasio. Ocasionalmente se asperjaron las plantas en primavera y verano con quelato de hierro, especialmente en aquellas variedades que mostraban mala adaptación a las condiciones de cultivo en el ensayo. Se realizó una poda de limpieza la cual consistió en eliminación de madera vieja o enferma. Cabe destacar que la parcela se protegió con una red de polietileno para reducir la fruta pérdida por consumo de aves (Apéndice I, figura 1).

Tratamiento y diseño experimental

El ensayo tiene un diseño completamente aleatorizado con 3 repeticiones por variedad siendo la unidad experimental 1 planta.

Manejo del experimento

Temporada 2018-2019

Cada planta se cosechó manualmente una vez por semana, recolectando en una bolsa de papel la totalidad de frutos que cumplían con el índice de madurez, es decir que la fruta estuviera 100% de color azul. Las bolsas se trasladaron al laboratorio para medir su peso total, el cual quedó registrado con el fin de obtener la evolución de este durante la temporada. Las mediciones físicas y químicas se realizaron cuando el 50% de los frutos de la planta cumplieron con el índice de madurez, lo cual se registró para realizar durante 4 semanas subsiguientes las evaluaciones (peso individual de fruto, diámetro ecuatorial, polar, tamaño de cicatriz, presencia de restos florales). Se seleccionó de manera aleatoria 30 frutos de cada planta para realizar la medición de los parámetros descritos, además a 10 de ellos se les midió persistencia de pruina. Posteriormente los frutos fueron sometidos a análisis de textura a través de prueba de punción que se realizó a 10 frutos mediante la utilización del instrumento texturómetro (Stable Micro Systems). Luego de la prueba estos fueron congelados junto a los otros 20 frutos a temperatura de -20°C , para realizar las mediciones químicas de pH, contenido de sólidos solubles y acidez titulable.

Temporada 2019-2020

Las mediciones de peso total, químicas, físicas y de textura se realizaron de la misma manera que en la primera temporada (selección aleatoria de 30 frutos), a excepción que no se realizó la medición tamaño de cicatriz, presencia de restos florales y persistencia de pruina. Adicionalmente, siguiendo con el mismo diseño experimental, se realizaron evaluaciones de textura en diferentes estados de fruto, los cuales fueron divididos en 7 muestras. Para esto se seleccionaron las variedades Ventura, Flicker, Sweetcrisp, Millenia, Suziblue, Legacy que destacaron durante la temporada (2018-2019) por presentar una alta producción y/o parámetros de calidad de la fruta (Cuadro 1). Para la realización del ensayo, cada muestra correspondió a 10 frutos por repetición a los que se evaluó textura mediante prueba de punción.

Las muestras 1 y 2 una vez cosechadas, se trasladaron al laboratorio para realizar la evaluación de textura. Posteriormente debido a que la fruta en arándanos madura de forma escalonada y que en el ensayo se requería un registro de días de madurez de las bayas, se cosechó la totalidad de fruta madura con el objetivo de homogeneizar las plantas. Luego de 2 días, se cosecharon 30 frutos que cumplieron con el índice de 100% de color, 10 de ellos fueron analizados el mismo día (muestra 3), mientras que los 20 frutos restantes fueron

colocados en clamshell a 20°C. Adicionalmente, se marcaron 20 frutos maduros en planta. Trascurridos 5 días, se cosecharon 10 de los frutos marcados (muestra 4), para luego ser evaluados junto a la muestra 5, se siguió el mismo procedimiento con las muestras 6 y la muestra 7. Para las muestras 5 y 7, que fueron almacenadas a 20°C, se evaluó peso de fruto para estimar el porcentaje de deshidratación de los frutos.

Cuadro 1: Descripción de las características de las bayas en cada una de las muestras evaluadas en las variedades Ventura, Flicker, Sweetcrisp, Millenia, Suziblue.

Muestra	Descripción de las bayas
1	Color verde, con diámetro superior a 8 (mm)
2	50% de cubrimiento con color azul (cambio de color)
3	100% de cubrimiento con color azul (maduro)
4	5 días después del cambio de color azul en la planta
5	5 días después de cosechadas y almacenadas en clamshells a 20°C.
6	12 días después del cambio de color azul en la planta
7	12 días después de cosechadas y almacenadas en clamshells a 20°C.

Evaluaciones

Peso total (producción): Se evaluó la producción individual de cada planta, una vez recolectada toda la fruta se pesó en una balanza electrónica, se expresó como kg de fruta por planta.

Peso de fruto: Se midió el peso fresco de cada fruto colectado por planta, expresando el resultado obtenido en gramos.

Diámetro polar y ecuatorial: Se midió con un pie de metro digital (Bull tools, Ubermann), lo resultados se expresaron en milímetros.

Tamaño de cicatriz: Se midió con un pie de metro digital (Bull tools, Ubermann), la cicatriz que quedó al separar el pedicelo de la fruta, los resultados se expresaron en mm.

Presencia de restos florales: Se observó si en el fruto permanecía adherida la corola al momento de la cosecha.

Persistencia de la pruina: Se determinó frotando la piel del fruto 3 veces con el pulgar, se clasificó en ‘persistente’ o ‘no persistente’.

Contenido de sólidos solubles: Se obtuvo jugo de la pulpa de bayas frescas de arándanos colectadas de cada planta, se midió con un refractómetro manual, los valores se expresaron en %.

pH: Se determinó con un pH-metro Hanna (modelo HI5521), utilizando la misma muestra de jugo obtenida previamente para la determinación de contenido de sólidos solubles.

Acidez titulable: Se determinó mediante la titulación de 3 mL de jugo con NaOH 0,1 N hasta la neutralización de los ácidos orgánicos a pH 8,2. Los resultados se expresaron como porcentaje de ácido cítrico, según la fórmula:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{(V * C * F * 100)}{M}$$

Siendo: V= volumen de NaOH utilizado (mL)
 C= concentración de NaOH (N)
 M= cantidad de muestra (mL)
 F= factor ácido cítrico = 0,06404.

Relación sólidos solubles/ acidez titulable: Es el cociente entre el porcentaje de contenido de sólidos solubles y acidez titulable.

Textura: Se determinó utilizando un texturómetro marca TA.XT Plus (Stable Micro Systems), con el cual se realizó una prueba de punción en la zona ecuatorial de los frutos, empleando un émbolo de 2 mm. La velocidad del preensayo fue de 10 mm/s; la de ensayo, 5 mm/s; y, la de posensayo, 10 mm/s. La distancia de avance fue de 6 mm; el tipo de activación fue la autofuerza; y, la fuerza de activación fue de 0,049 N. Los parámetros evaluados, para la prueba de punción, fueron: fuerza máxima, área de fuerza máxima, módulo de young, número de peaks, área total, fuerza final y distancia lineal.

Análisis estadístico

Se analizó cada una de las variables físicas y químicas entre ambas temporadas de cosecha, evaluando si existían diferencias estadísticamente significativas, a través de Modelos lineales generales mixtos y prueba de comparaciones múltiples DGC. En los casos que existían varianzas heteroscedásticas, estas fueron corregidas.

Se realizó Análisis Multivariado de Componentes Principales, con el objetivo de evaluar la variabilidad de las diferentes variedades, así como la correlación entre las variables físicas y químicas. Posteriormente se realizó el análisis en los parámetros de textura a cosecha en los diferentes estados de madurez y en almacenamiento. Estos resultados son presentados mediante un gráfico Biplot.

Se relacionó tamaño de cicatriz con diámetro ecuatorial a través de la matriz de correlación de Pearson. Con respecto a los defectos en los frutos (presencia de restos florales y persistencia de la pruina) fueron analizados a través de modelos lineales generalizados mixtos, obteniendo porcentaje de frutos con estas características en cada una de las variedades.

Se determinó el grado de correlación que existe entre peso de fruto y fuerza máxima, a través de la matriz de correlación de Pearson. Para cada uno de los análisis descritos los datos fueron procesados con el software InfoStat®.

RESULTADOS

Producción de las variedades

Con respecto a los resultados de peso total de los frutos de las 21 variedades de arándanos, se observa un amplio rango de valores promedio en ambas temporadas de cosecha. Además, se puede apreciar que ‘Suziblue’ destacó por presentar resultados promedios superiores a 3 kg/planta, lo que difiere de las variedades Sapphire, Duke y Sweetcrisp que tuvieron resultados inferiores a 0,5 kg/planta (Figura 2). En general se observó que las variedades obtuvieron mayores valores de peso total en la temporada de cosecha (2019-2020).

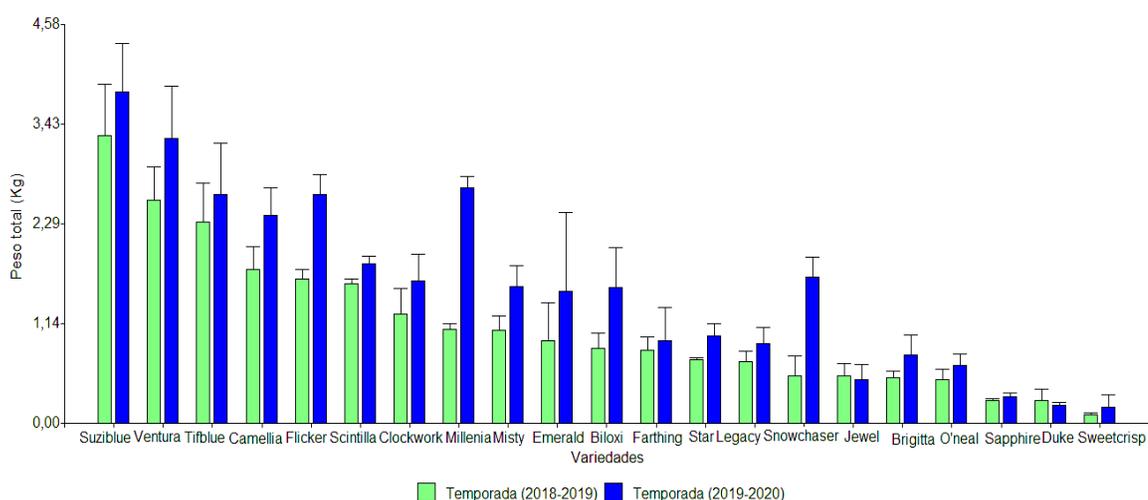


Figura 1. Peso total de las 21 variedades de arándanos, expresado en kilogramos por planta, en la temporada (2018-2019) y temporada (2019-2020). Barras verticales indican el error estándar.

Calidad de las bayas

Caracterización física y química de frutos a madurez de cosecha

El análisis de componentes principales para las variables fisicoquímicas muestra que la CP1 explica el 53,8 % de la variabilidad de los datos, la cual es debida principalmente por las variables físicas; mientras que la CP2 explica el 26,6 %, siendo la variable de mayor peso acidez titulable (Apéndice II, cuadro 2). Por lo tanto, el Biplot es capaz de explicar el 80,4% de la variabilidad total (Figura 3). El peso de fruto se correlacionó positiva y significativamente con diámetro ecuatorial, diámetro polar, pH y relación CSS/AT. En cambio, con contenido de sólidos solubles (CSS) y acidez titulable (AT) no existió correlación lo que puede apreciarse en la matriz de correlación (Apéndice II, cuadro 3).

En general, las variedades en la primera temporada de cosecha se orientan en la misma dirección, que las variables físicas, por lo que presentaron bayas de mayor peso y tamaño

(Figura 3). En ambas temporadas de cosecha ‘Scintilla’ se distinguió por valores promedios altos de peso de fruto (1,94 y 2,19 g), diámetro ecuatorial (15,53 y 16,34 mm) y diámetro polar (12,08 y 12,53 mm). En tanto, ‘Duke’ está orientada en la dirección contraria a las variables mencionadas, en ambas temporadas por lo que sus bayas son de bajo peso y tamaño con valores promedio de (0,84 y 0,50 g) diámetro ecuatorial (11,65 y 9,47 mm) y diámetro polar (8,88 y 7,16 mm) (Apéndice II, cuadro 4). Con respecto a las variables químicas, la acidez titulable (% ácido cítrico) se correlacionó negativa y significativamente con el pH y con relación CSS/AT, mientras que el contenido de sólidos solubles no se correlacionó con ninguna de las variables (Apéndice II, cuadro 3). ‘Sweetcrisp’ destacó por su dulzor, con valores promedios de contenido de sólidos solubles de 15,58 y 18,52% respectivamente. La variedad que obtuvo alto porcentaje de acidez fue Ventura con 1,02% y pH de 2,90 en las dos temporadas de cosecha. La relación CSS/AT, los valores están comprendidos entre 68,05 ‘O’Neal’ y 11,83 ‘Millenia’ (Apéndice II, cuadro 5).

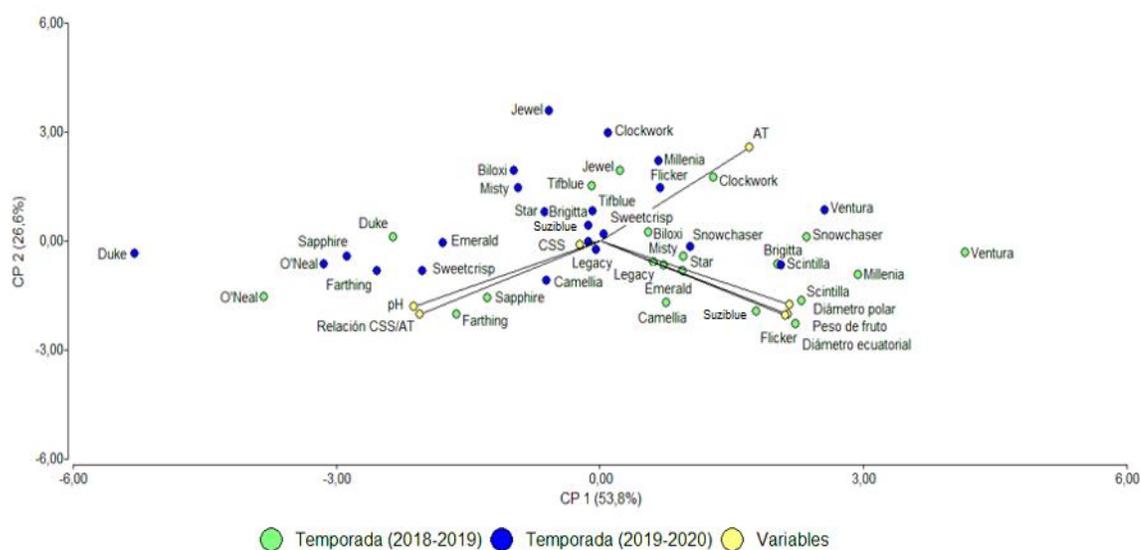


Figura 2. Análisis de componentes principales (ACP) para las variables de peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, contenido de sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT) y relación de CSS/AT en bayas de 21 variedades de arándanos, en dos temporadas de cosecha. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.

Textura de fruto a cosecha

El análisis de componentes principales para los parámetros de textura a cosecha muestra que la CP1 explica el 57,5% de la variabilidad de los datos, la cual es debida principalmente al área total, fuerza máxima y fuerza final; en cambio la CP2 explica el 21% de la variabilidad de los datos, siendo la variable de mayor peso el módulo de young (Apéndice III, cuadro 1). Por lo tanto, el Biplot es capaz de explicar el 78,4% de la variabilidad total (Figura 4). La fuerza máxima se correlacionó de manera positiva y significativa con los parámetros de textura, exceptuando a módulo de young con el cual no existió correlación, el cual se correlacionó de manera positiva con fuerza final (Apéndice III, cuadro 2).

Según se observa en la Figura 4, todos los parámetros de textura se orientan hacia la derecha del Biplot, en ambas temporadas de cosecha la variedad Sweetcrisp se orienta en la misma dirección, lo que se asocia a altos valores en dichos parámetros (Apéndice III, cuadro 3; Apéndice III cuadro 4) lo cual difiere del resto de las variedades que presentaron menores valores.

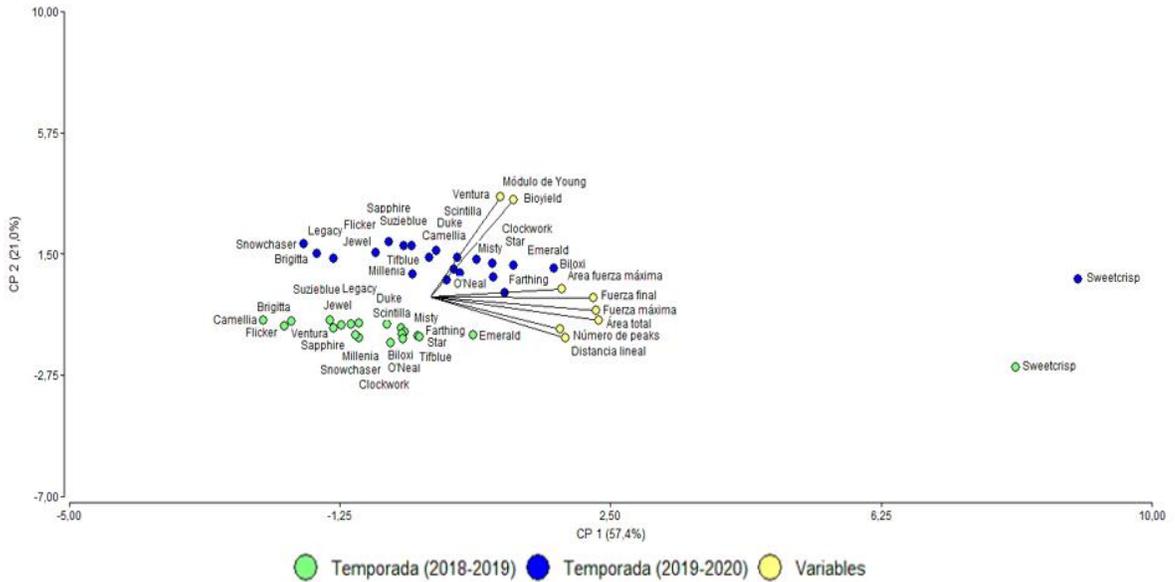


Figura 3. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de 21 variedades de arándanos al momento de cosecha, de ambas temporadas. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.

Defecto en fruto

Tamaño de cicatriz

En arándanos es deseable fruta de tamaño grande, pero con cicatriz pequeña (Potter y Coneva, 2018). En la primera temporada de cosecha (2018-2019), se evaluó tamaño de cicatriz (mm), los valores fluctuaron entre 2,52 mm (‘Snowchaser’) y 1,54 mm (‘O’Neal’) (Apéndice II, cuadro 1). Además, se determinó el grado de correlación que existe entre diámetro ecuatorial y tamaño de cicatriz, la cual se resume en el Cuadro 2. En él se aprecia un coeficiente de correlación de Pearson r superior a 0,6 ,es decir, existe una alta correlación lineal entre las variables, la cual es estadísticamente significativa, por tanto, frutos con altos valores de diámetro ecuatorial presentarán mayor tamaño de cicatriz pedicelar.

Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson entre diámetro ecuatorial y tamaño de cicatriz de las 21 variedades de arándanos cosechadas en temporada 2018-2019.

	Diámetro ecuatorial	Tamaño de cicatriz
Diámetro ecuatorial	1,0000	<0,0001
Tamaño de cicatriz	0,6531	1,0000

Pruina y presencia de restos florales

La pruina corresponde a la cutícula cerosa que cubre la epidermis de las bayas de arándanos. En general, la falta de esta cera es indicador de un mal manejo de la fruta en poscosecha, por esto su falta de presencia es considerado uno de los principales defectos en las bayas, junto a la presencia de restos florales (Cappai *et al.*, 2018; Potter y Coneva, 2018). Estas variables fueron evaluadas durante la temporada de cosecha (2018-2019), los resultados obtenidos señalan que las 21 variedades presentan pruina en sus bayas, sin embargo, se diferenciaron por el grado de persistencia de esta. Según se observa en el Cuadro 3, las variedades presentan sobre el 70 % de frutos con pruina no persistente, a excepción de ‘Ventura’ que presenta un valor de 44 %, en consecuencia, un mayor porcentaje de frutos con pruina persistente. En cuanto a la presencia de restos florales, los porcentajes fluctúan de 0 a 12% (‘Flicker’).

Cuadro 3. Porcentaje de restos florales y pruina (no persistente) de las 21 variedades de arándanos evaluados al momento de cosecha 2018-2019.

Variedades	Presencia de restos florales	Pruina no persistente
	%	%
Biloxi	1,00 D	100 A
Brigitta	8,00 B	91,0 C
Camellia	0,00 D	86,0 C
Clockwork	0,00 D	100 A
Duke	1,00 D	96,0 B
Emerald	1,00 D	79,0 D
Farthing	0,00 D	98,0 B
Flicker	12,0 A	87,0 C
Jewel	2,00 C	90,0 C
Legacy	1,00 D	92,0 C
Millenia	4,00 C	97,0 B
Misty	1,00 D	89,0 C
O'Neal	7,00 B	96,0 B
Sapphire	3,00 C	96,0 B
Scintilla	1,00 D	76,0 D
Snowchaser	1,00 D	83,0 C
Star	0,00 D	95,0 B
Suziblu	2,00 C	99,0 A
Sweetcrisp	3,00 C	89,0 C
Tifblue	0,00 D	93,0 C
Ventura	3,00 C	44,0 E

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre variedades, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor<0,05).

Textura de fruto a precosecha

Para el análisis de componentes principales de los parámetros de textura en precosecha la CP1 explica el 58,3 % de la variabilidad de los datos, la cual es debida principalmente por la variable fuerza máxima, y fuerza final; mientras que, la CP2 explica el 39,6 % de la variabilidad, siendo el número de peaks y distancia lineal las variables de mayor peso al momento de construir la componente (Apéndice IV, cuadro 1). La fuerza máxima se correlacionó positiva y significativamente con área fuerza máxima, módulo de young y fuerza final, mientras que con número de peaks, área total y distancia lineal no existió correlación (Apéndice IV, cuadro 2). Como se puede observar en la Figura 5, la fuerza máxima y las variables correlacionadas están proyectadas hacia la derecha del Biplot, las variedades Flicker, Legacy, Millenia, Suziblue y Ventura en estado verde se encuentran orientadas en la misma dirección, por lo que la piel de las bayas es de elevada dureza, firmeza y rigidez. En relación con número de peaks se correlacionó positiva y significativamente al área total y distancia lineal (Apéndice II, cuadro 2). En el caso de ‘Sweetcrisp’ en estado verde se distingue por estar asociada a las variables mencionadas, por lo tanto, la fruta está relacionada a alta dureza de pulpa y crocancia. En el estado de cambio de color las seis variedades evaluadas se orientan hacia el lado contrario a los parámetros de textura, por lo que las bayas se tornan blandas, elásticas y disminuyen significativamente su crocancia (Figura 5).

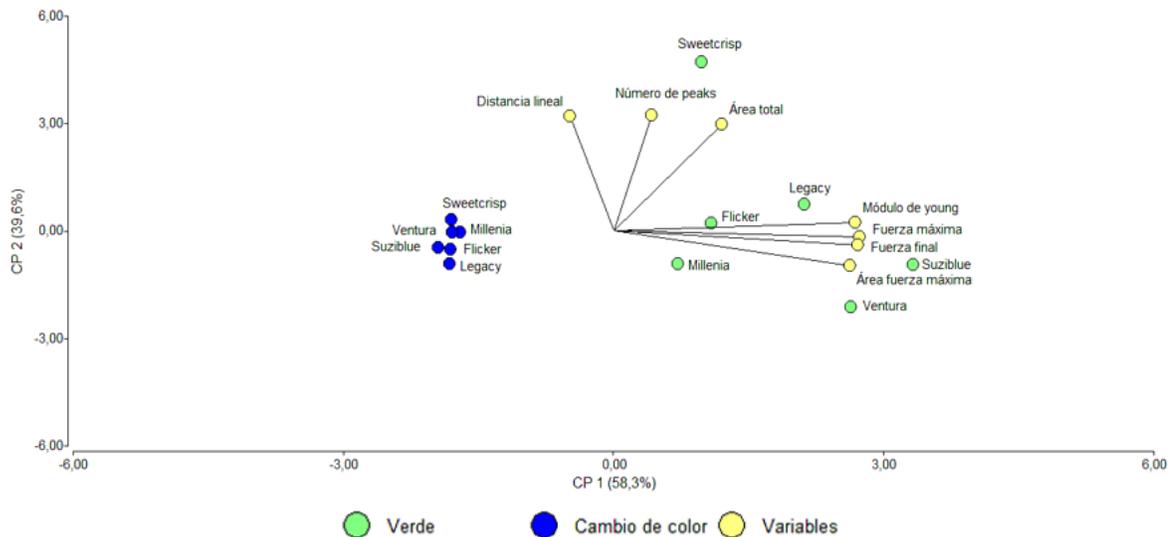


Figura 4. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.

Textura de fruto a cosecha y sobremaduro en planta

El análisis de componentes principales para los distintos parámetros de textura muestra que la CP1 explica el 58,1% de la variabilidad, la cual es dada mayormente por la fuerza máxima; la CP2 explica un 23,2%, siendo número de peaks la variable de mayor peso (Apéndice IV, cuadro 3). En general la fuerza máxima se correlacionó positiva y significativamente con los

parámetros de textura a excepción de número de peaks con el cual no existió correlación (Apéndice IV, cuadro 4).

Como se observa en la Figura 6, los parámetros de textura están orientados a la derecha del Biplot, la única variedad que se orienta en la misma dirección es Sweetcrisp, en estado maduro, luego de 5 y 12 días sobremaduro en planta, lo que sugiere que esta variedad mantiene sus valores altos de firmeza, dureza de piel y pulpa, rigidez y crocancia en comparación a las demás variedades. Cabe destacar que las variedades restantes se encuentran orientadas a la izquierda del Biplot desde estado maduro, por lo que presentan características de textura inferiores.

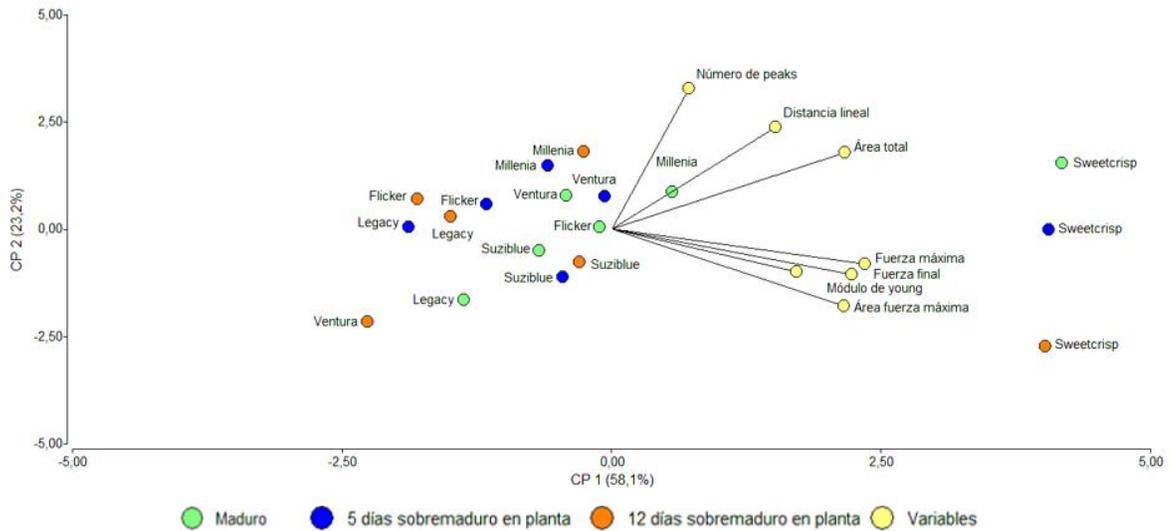


Figura 5. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro, 5 y 12 días sobremaduro en planta. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.

Textura de fruto a cosecha y en almacenamiento

El análisis de componentes principales de los parámetros de textura para fruta madura, luego de 5 y 12 días en almacenamiento a 20°C, muestra que la CP1 explica el 62,2% de la variabilidad de los datos la cual es dada principalmente por área total; mientras que la CP2 explica el 24,1% y está dada por área de fuerza máxima (Apéndice IV, cuadro 5). El área total se correlacionó positiva y significativamente con fuerza máxima, número de peaks, distancia lineal, módulo de young mientras que con área de fuerza máxima y fuerza final no existió correlación. En tanto, el área de fuerza máxima solo se correlacionó positiva y significativamente con fuerza máxima, con el resto de las variables no existió correlación, lo que puede apreciarse en la matriz de correlación de Pearson entre las variables (Apéndice IV, cuadro 6).

Según se observa en la Figura 7, los parámetros de textura: fuerza máxima, módulo de young, área total, número de peaks, distancia lineal, están orientados a la derecha del Biplot, destaca

‘Sweetcrisp’ por estar orientada en la misma dirección, en estado maduro y luego de 5 días en almacenamiento, lo cual significa que mantiene su firmeza, rigidez, dureza de pulpa, crocancia en sus bayas. Mientras que a los 12 días en almacenamiento se orienta en dirección contraria a las variables mencionadas por lo que sus bayas disminuyen sus características de textura, sin embargo, posee valores mayores para las variables comparado con las demás variedades para este tiempo de almacenamiento. En tanto, las variedades Ventura, Flicker, Suziblue, Millenia, Legacy, transcurridos los días de evaluación se orientan en sentido contrario a todos los parámetros evaluados, por lo que se infiere que sus frutos pierden dureza, firmeza, rigidez volviéndose más elásticos, además disminuyen significativamente su crocancia.

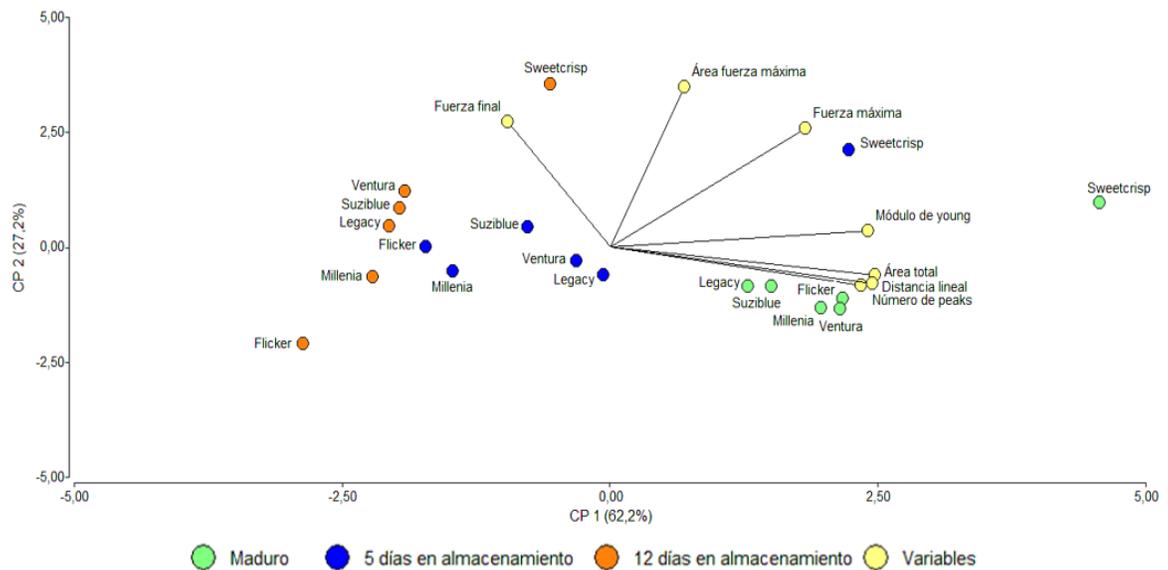


Figura 6. Análisis de componentes principales (ACP) para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C. CP1, componente principal 1. CP2, componente principal 2.

Pérdida de peso de fruto en almacenamiento

Según se observa en la Figura 8a, las seis variedades presentaron pérdida de peso de fruto transcurridos los días de evaluación. La variedad Millenia presentó el mayor porcentaje de pérdida de peso transcurridos 12 días en almacenamiento a 20°C con un resultado superior al 40%, contrario a lo observado en ‘Sweetcrisp’ la cual registró la menor pérdida de peso de baya. Con respecto a la fuerza máxima, se observa una disminución en todas las variedades desde estado maduro a 12 días de almacenamiento (Figura 8b), no obstante, a diferencia de todas las variedades ‘Sweetcrisp’ presentó el valor más alto de fuerza máxima.

La pérdida de peso es uno de los principales factores que contribuye al ablandamiento durante el almacenaje (Paniagua et al., 2013). Por esta razón se determinó el grado de correlación que existe entre peso de fruto y fuerza máxima, la cual se resume en el Cuadro 4. En él se aprecia un coeficiente de correlación de Pearson r superior a 0.6, es decir, existe una alta correlación lineal entre las variables, la cual es estadísticamente significativa, por lo tanto, al disminuir el peso de fruto, menor será la firmeza.

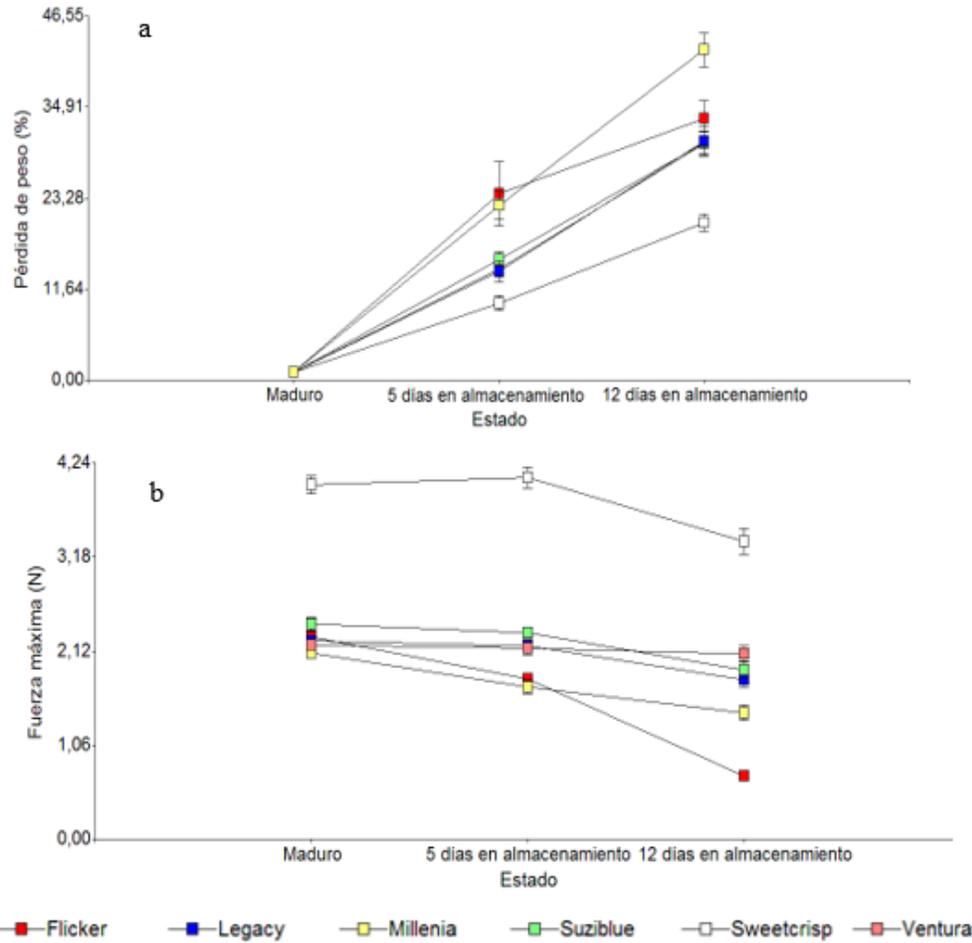


Figura 7. (a) Pérdida de peso (%) (b) Fuerza máxima (N) de fruto en seis variedades de arándanos en estado maduro, transcurridos 5 y 12 días en almacenamiento a 20°C. Barras verticales indican el error estándar.

Cuadro 4. Matriz de correlación de Pearson entre peso de fruto y fuerza máxima luego de días de almacenamiento.

	Peso de fruto	Fuerza máxima
Peso de fruto	1,0000	<0,0001
Fuerza máxima	0,6176	1,0000

DISCUSIÓN

El desarrollo de esta investigación permitió caracterizar las 21 variedades bajo distintos parámetros físicos, químicos y de textura.

El peso total de las bayas en las distintas variedades de arándanos evaluadas mostró gran variabilidad, destacando ‘Suziblue’ como la más productiva en contraste con ‘Sapphire’, ‘Duke’ y ‘Sweetcrisp’ que obtuvieron los menores valores. Cabe destacar que el peso total aumentó con la edad de las plantas, por lo que este parámetro fue mayor en la segunda temporada de cosecha, es decir, cuando tenían tres años. Esto coincide con Cortés et al (2016), los cuales informan que las variedades de arándanos tienden a aumentar su producción a medida que aumentan su edad, alcanzando el máximo a los once o doce años. Esto responde a la relación que existe entre el aumento del área foliar conforme envejece la planta y la dependencia de la fruta por suministro de carbohidratos mediada por la radiación interceptada por las hojas (Retamales *et al.*, 2015).

El peso y diámetro de fruto son parámetros de calidad representativos al momento de comercializar (Potter y Coneva, 2018). En Safter et al. (2008) compararon cualidades instrumentales y sensoriales de arándanos, encontrando que las puntuaciones sensoriales de apariencia se correlacionan de manera significativa con tamaño de la baya, por lo tanto, las variedades que tienen fruta de mayor tamaño tienen un efecto positivo sobre el consumidor (Retamales y Hancock, 2012). En el presente estudio se encontraron diferencias en las características físicas de los frutos entre las variedades evaluadas. ‘Scintilla’ en ambas temporadas de cosecha obtuvo los mayores valores de peso y diámetros promedios de fruto, variables que tuvieron una alta y significativa correlación. Takeda et al. (2013) evaluaron la misma variedad en Florida, Estados Unidos, obteniendo resultado promedio de peso de fruto de 2,4 g. Similar a los valores obtenidos en el ensayo (2,2 y 2,0 g respectivamente).

El sabor juega un papel importante en la satisfacción del consumidor e influye en el consumo adicional de la fruta (Chiabrando *et al.*, 2009), en arándanos está relacionada con el contenido de sólidos solubles, acidez y la relación de ambas. Diversos estudios han encontrado una variación significativa de estas variables entre las diferentes variedades de arándanos alto (Bremer *et al.*, 2008; Günduz *et al.*, 2015; Potter y Coneva, 2018). En este estudio se observó que, durante las dos temporadas de cosecha, todas las variedades obtuvieron contenido de sólidos solubles superiores a 10%, el cual se ha propuesto como índice mínimo de calidad para los arándanos (Safter *et al.*, 2008). La variedad que destacó por su dulzor, con contenido de sólidos solubles superior a 15% fue Sweetcrisp. Lo que es confirmado por Sargent et al. (2013), quienes determinaron contenido de sólidos solubles de tres arándanos altos del sur, siendo ‘Sweetcrisp’ la variedad que obtuvo el mayor valor en dos temporadas de cosecha, con porcentaje superior a 13%.

Con respecto a la acidez en arándanos, el ácido orgánico predominante es el ácido cítrico (Bremer *et al.*, 2008). Durante los dos años de evaluación ‘Ventura’ presentó el mayor porcentaje de acidez correspondiente a 1,02%. Es difícil calificar con precisión el sabor, pero los arándanos deben tener un buen equilibrio de dulce y acidez (Potter y Coneva, 2018). El rango estándar en la relación CSS/AT es de 10-30 para cumplir con el parámetro de calidad

en arándanos (Retamales *et al.*, 2014). En el ensayo, ‘Millenia’ obtuvo la menor relación (11,83) la cual es aceptable, en cambio ‘O’Neal’ tuvo la relación más alta (68,05), esto debido a su baja acidez titulable (0,22).

La textura es uno de los índices de calidad más crítico para el arándano (Liu *et al.*, 2019). En el presente estudio, la prueba de punción permitió obtener resultados de los diferentes parámetros de textura, destacando la variedad Sweetcrisp por tener elevados valores en cada uno de estos. Como lo es el módulo de Young, esta variedad por tanto tiene una piel de baya más rígida que las demás variedades evaluadas. El valor obtenido en área de fuerza máxima nos muestra que en ‘Sweetcrisp’ se requiere de mayor trabajo para ejercer la ruptura en la baya, por tanto, se puede interpretar que la variedad tiene una piel de elevada dureza. Referente a la fuerza máxima o firmeza, este parámetro se ha relacionado directamente con la preferencia del consumidor, vida útil y resistencia durante la poscosecha (Liu *et al.*, 2019). Los resultados obtenidos concuerdan con lo descrito por Cappai *et al.* (2018), los cuales recopilaron datos de firmeza de bayas para una amplia gama de variedades que representan los principales tipos de arándanos cultivados, observando que la variedad Sweetcrisp posee una firmeza superior a todas las demás variedades evaluadas.

La mayoría de las mediciones que se realizan en fruta fresca llegan generalmente hasta el punto de ruptura, la etapa de post-ruptura del fruto entrega información importante acerca de la debilidad o dureza de la pulpa y de la cantidad de microfracturas o peaks de fuerza que se producen al penetrar la fruta, lo que se asocia a la crocancia (Foegeding *et al.*, 2011). ‘Sweetcrisp’ obtuvo los valores más alto de área total y número de peaks por tanto tiene una mayor dureza de pulpa y de crocancia que las otras variedades, estos parámetros obtuvieron una alta correlación, lo que coincide con Blaker *et al.* (2014), los cuales mencionan que esta variedad distingue por su textura crocante, representando un especial interés para la industria del arándano, debido a que este parámetro se relaciona con fruta de prolongada vida en poscosecha.

Con respecto a los defectos evaluados, se obtuvo que la cicatriz pedicelar se correlacionó positivamente con tamaño de fruto, sin embargo, en arándanos es deseable tamaño de fruto grande y cicatriz pedicelar pequeña, debido a que ésta constituye una importante vía de pérdida de humedad e ingreso de agentes patógenos (Echeverría *et al.*, 2009). Referente a la pruina en arándanos actúa como barrera semipermeable impidiendo la pérdida de agua (Cappai *et al.*, 2018), por lo que es importante la presencia y persistencia de esta en las bayas. En este trabajo, la variedad Ventura fue la que presentó mayor porcentaje de frutos con pruina persistente.

La firmeza en arándanos disminuye a medida que madura los frutos, este comportamiento se relaciona con la degradación de los componentes de la pared celular, principalmente la solubilización y despolimerización de los polisacáridos (celulosa y hemicelulosa) en etapas tempranas de maduración (Vicente *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2019), estos cambios en la estructura y composición de la pared celular se deben a la acción compuesta de las enzimas hidrolíticas, las cuales en etapas tempranas permiten la expansión y crecimiento del fruto, pero luego causan ablandamiento del fruto (Cappai *et al.*, 2018). Se ha reportado que el valor máximo de firmeza ocurre en estado verde, reduciéndose significativamente en cambio de color, lo que coincide con la mayor expansión celular del fruto (Moggia *et al.*, 2017; Moggia

et al., 2018; Vicente *et al.*, 2007). Las seis variedades evaluadas en este estudio siguieron este patrón, obteniendo una alta firmeza, dureza, rigidez y crocancia en estado verde, los que disminuyeron de manera significativa a cambio de color (Figura 5).

Los productores a menudo esperan que la fruta azul se acumule en los arbustos, con el objetivo de optimizar los costos de mano de obra (Retamales y Hancock, 2012), cosechando fruta cada 5-10 días, este manejo genera una alta heterogeneidad en la madurez y firmeza de la fruta al momento de cosecha, a pesar de que todas las frutas pueden parecer aceptables cuando se recolectan, un porcentaje de ellas, las que se encuentran con madurez avanzada, tienen mayor probabilidad de volverse inaceptables al llegar a los consumidores finales (Moggia *et al.*, 2016). En el presente ensayo se recolectó fruta en estado maduro y luego de 5 y 12 días sobremaduro en planta, con el objetivo de evaluar mediante punción la textura de las bayas. En general las variedades se orientaron contrario a los parámetros de textura (Figura 6), lo que significa que presentaron valores bajos en estado maduro, los cuales disminuyeron luego de días en planta, por lo que la fruta presentaba baja firmeza, dureza, crocancia y rigidez volviéndose fruta elástica, un alimento de textura elástica es altamente deformable por lo que no se rompe fácilmente, lo que no es una característica deseable (Contador *et al.*, 2016; Giongo *et al.*, 2010).

El ablandamiento de la fruta de arándanos durante el almacenamiento es uno de los aspectos importantes en el deterioro de la calidad de las bayas (Wang *et al.*, 2018). Los resultados obtenidos en los distintos parámetros de textura en la fruta almacenada a 20°C mostraron que luego de 5 días, la variedad ‘Sweetcrisp’ mantuvo sus características de firmeza, dureza, rigidez y crocancia, mientras que transcurridos 12 días de almacenamiento hubo una disminución clara de estos parámetros, sin embargo, a pesar de lo mencionado la fuerza máxima fue mayor a las otras variedades evaluadas, luego de días en almacenamiento (Figura 8b).

La pérdida de peso se relaciona con la disminución de la vida útil de la fruta durante la poscosecha (Wang *et al.*, 2018). A medida que aumenta el número de días en almacenamiento el peso de la fruta disminuye, apareciendo pliegues característicos en las bayas, resultado de la pérdida de agua por transpiración (Hebda *et al.*, 2018). La pérdida de peso se ha propuesto como la principal causa en la disminución de firmeza durante el almacenamiento de los arándanos (Paniagua *et al.*, 2013). En este ensayo, todas las variedades tuvieron una disminución de peso luego de transcurridos los días en almacenamiento, lo cual se correlacionó de manera significativa con la fuerza máxima. Es importante mencionar que la mayor disminución de peso (%) y, por consecuencia, la menor firmeza luego de 12 días de almacenamiento a 20°C fue en la variedad Millenia, a diferencia de ‘Sweetcrisp’ que obtuvo una menor pérdida de peso y una alta firmeza en comparación a las demás variedades.

CONCLUSIONES

Las 21 variedades de arándanos evaluadas muestran diferencias significativas en cuanto a sus características físicas, químicas y su producción expresada en kg/planta. Siendo la de mayor producción 'Suzeblue', la que además presenta una relación de CSS/AT dentro del rango estándar de calidad, sin embargo, esta variedad presenta un defecto de falta de persistencia de pruina.

Con respecto al instrumento texturómetro (TA.XT Plus Stable Micro Systems), su uso permitió una caracterización completa de la textura de fruto de las diferentes variedades de arándanos.

De acuerdo con la caracterización de textura de fruto a cosecha, sobremaduro en planta y en almacenamiento a 20°C, destaca 'Sweetcrisp' como la variedad que obtuvo los mayores valores promedios en los parámetros de textura. No obstante 'Sweetcrisp' presentó los menores valores de producción junto a 'Duke' y 'Sapphire'.

LITERATURA CITADA

- Bañados, M.P. 2009. Expanding blueberry production into non-traditional production areas: northern Chile and Argentina, México, and Spain. *Acta Horticulturae*, 810 (1): 439-444.
- Bianchi, T., L. Guerrero, M. Gratacós-Cubarsí, A. Claret, J. Argyris, J. García-Mas, and M. Hortós. 2016. Textural properties of different melon (*Cucumis melon* L.) fruit types: sensory and physical-chemical evaluation. *Sci. Hortic.* 201, 46–56.
- Blaker, K., A. Plotto, E. Baldwin and J.W. Olmstead. 2014. Correlation between sensory and instrumental measurements of standard and crisp-texture southern highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L. interspecific hybrids). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(13), 2785-2793.
- Bourne MC. 2002 Food texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press INC. New york, USA
- Bremer, V., G. Crisosto, R. Molinar, M. Jimenez, S. Dollahite and C. Crisosto. 2008. San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. *California agriculture*, 62(3), 91-96.
- Cappai, F., J. Benevenuto, L. Ferrão and P. Munoz. 2018. Molecular and genetic bases of fruit firmness variation in blueberry. A review. *Agronomy*, 8(9), 174.
- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales). 1996. Estudio Agrológico. Descripción de suelos materiales y símbolos: VI Región (Publicación N.º 114). 425p.
- Chen, L., U.L. Opara. 2013. Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods—A review. *Journal of Food Engineering*, 119(3), 497-507.
- Chiabrando, V., G. Giacalone and L. Rolle. 2009. Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(6), 989-992.
- Comité de arándanos. 2019. Arándanos y recambio varietal ‘El injerto es una muy buena opción para el sur de Chile’. Disponible en <https://comitedearandanos.cl/arandanos-y-recambio-varietal-el-injerto-es-una-muy-buena-opcion-para-el-sur-de-chile/> (Consultado en Abril de 2020).
- Contador, L., P. Shinya., and R. Infante. 2015. Texture phenotyping in fresh fleshy fruit. *Scientia Horticulturae* 193: 40-46.
- Contador, L., M. Díaz, E. Hernández, P. Shinya, R. Infante. 2016. The relationship between instrumental tests and sensory determinations of peach and nectarine texture. *Hortic. Sci.* 81:189–196.

Cortés-Rojas, M.E., P.A. Mesa-Torres, C.M. Grijalba-Rativa, and M.M. Pérez-Trujillo. 2016. Yield and fruit quality of the blueberry cultivars Biloxi and Sharpblue in Guasca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), pp.33-41.

Duarte, C., M. Guerra., P. Daniel., A.L. Camelo, and A. Yommi. 2009. Quality changes of highbush blueberries fruit stored in CA with different CO₂ levels. *Journal of Food Science*, 74(4), S154–S159.

Echeverría, G., V. Cañumir and H. Serri. 2009. Postharvest behavior of highbush blueberry fruits cv. O'Neal cultivated with different organic fertilization treatments. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(3), 391-399.

Foegeding, E. A., C.R. Daubert., M.A Drake., G. Essick., M. Trulsson., C.J Vinyard, and F. Van de Velde. 2011. A comprehensive approach to understanding textural properties of semi- and soft-solid foods. *Journal of Texture Studies*, 42(2), 103-129.

Forney, C.F., 2009. Postharvest issues in blueberry and cranberry and methods to improve market-life. *Acta Hort.* 810, 785–798.

Giongo, L., M. Grisenti, A. Saviane. 2010. *Berries Varieties Handbook*. Phenotyping for the Fresh Market Use. *Ist. Agr*, pp. 1–351.

Giongo, L., P. Poncetta., P. Loretta, and F. Costa. 2013. Texture profiling of blueberries (*Vaccinium* spp.) during fruit development, ripening and storage. *Postharvest Biology and Technology*, 76, 34-39.

Guerrero y Opitz. 2020. Competitividad del sector agrícola chileno y peruano. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/asuntos-internacionales/competitividad-del-sector-agricola-chileno-y-peruano-febrero-de-2020> (Consultado en Abril 2020).

Gündüz, K., S. Serçe and J.F. Hancock. 2015. Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38, 69-79.

Hancock, J. 2006. Northern Highbush blueberry breeding. *Acta Horticulturae*. (715), 37-40.

Harker F.R., R. J. Redgwell., I. C. Hallett., S.H. Murray, and G. Carter. 2010. Texture of Fresh Fruit. *Horticultural Reviews: John Wiley & Sons, Inc.* p. 121-224.

Hebda, T., B. Brzywczyk, N. Pedryc and S. Francik. 2018. Quality evaluation of blueberry from Lower Vistula Region. In proceedings of the international scientific conference. [Latvijas Lauksaimniecības universitāte].

Khazaei, J., and D.D. Mann. 2004. Effects of Temperature and Loading Characteristics on Mechanical and Stress Relaxation Properties of Sea Buckthorn Berries. Part 2. Puncture Tests. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*.

- Konarska, A. 2015. Development of fruit quality traits and comparison of the fruit structure of two *Vaccinium corymbosum* (L.) cultivars. *Scientia Horticulturae*, 194, 79–90.
- Li, C., J. Luo, and D. MacLean. 2011. A novel instrument to delineate varietal and harvest effects on blueberry fruit texture during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9), 1653-1658.
- Liu, B., K. Wang., X. Shu., J. Liang., X. Fan., and L. Sun. 2019. Changes in fruit firmness, quality traits and cell wall constituents of two highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) during postharvest cold storage. *Scientia Horticulturae*, 246, 557-562.
- Moggia, C., J. Graell., I. Lara., G. Schmeda-Hirschmann., S. Thomas-Valdés, and G.A Lobos. 2016. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 211, 449–457.
- Moggia, C., J. Graell, I. Lara, G. González and G.A. Lobos. 2017. Firmness at harvest impacts harvest fruit softening and internal browning development in mechanically damaged and non-damaged highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). *Frontiers in plant Science*, 8, 535.
- Moggia, C., C. González, G.A. Lobos, C. Bravo, M. Valdés, I. Lara and J. Graell. 2018. Changes in quality and maturity of ‘Duke’ and ‘Brigitta’ blueberries during fruit development: postharvest implications. In *Proceedings of the ISHS VIII International Postharvest Symposium*, Cartagena.
- Moyano, M., J. Galván, L. Ríos De González, y C. Paz. 2019. *Comercialización y competitividad del arándano argentino*. Ediciones INTA. Famailla, Argentina.
- ODEPA. 2020. Boletín de fruta enero 2020 con información de diciembre del 2019. Disponible en <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-enero-de-2020> (Consultado en abril 2020).
- Paniagua, A. C., A.R. East, J.P. Hindmarsh and J. Heyes. 2013. Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry. *Postharvest Biology and Technology*, 79, 13-19.
- Potter R., and E. Coneva. 2018. Assessment of Newly Released and Well-Established Rabbiteye Blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) Cultivars in North Alabama. *Agricultural Sciences* 9.1: 78-98.
- Retamales, J.B., and J.F. Hancock. 2012. Blueberries. *Crop Production Science in Horticulture Series*. CABI Publ. Co., Oxfordshire, UK, pp. 336 pp.
- Retamales, J. B., M. Palma, Y. Morales, G.A, Lobos, C. E. Moggia, and C.A. Mena. 2014. Blueberry production in Chile: current status and future developments. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 58-67.

- Retamales, J. B., C. Mena, G. Lobos and Y. Morales. 2015. A regression analysis on factors affecting yield of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*, 186, 7-14.
- Rolle, L., R. Siret, S.R. Segade, C. Maury, V. Gerbi and F. Jourjon. 2012. Instrumental texture analysis parameters as markers of table-grape and winegrape quality: A review. *American Journal of Enology and Viticulture* 63, 11–28.
- Saftner, R., J. Polashock, M. Ehlenfeldt, and B. Vinyard. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49(1), 19-26.
- Sargent, S. A., A.D.Berry, A. D., Williamson, J. G., & Olmstead, J. W. 2013. Postharvest Quality of Mechanically and Hand-harvested, Southern Highbush Blueberry Fruit for Fresh Market. *HortTechnology*, 23(4), 437-441.
- Sirisomboon P., M. Tanaka, and T. Kojima. 2012. Evaluation of tomato textural mechanical properties. *Journal of Food Engineering*. 111(4):618-24.
- Takeda, F., G. Krewer, C. Li, D. MacLean and J. Olmstead .2013. Techniques for increasing machine harvest efficiency in highbush blueberry. *HortTechnology*, 23(4), 430-436.
- Uribe JM, R. Cabrera, A. De La Fuente y M. Paneque. 2012. Atlas Bioclimático de Chile. Laboratorio de Bioenergía y Biotecnología Ambiental, Depto. De Ciencias Ambientales y Recursos Renovables, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. ANDROS Impresores. Santiago, Chile. 232 pp.
- Van Vliet, T., and C. Primo-Martin. 2011. Interplay between product characteristics oral physiology and texture perception of cellular brittle foods. *J. Texture Stud.*42 (2), 82–94.
- Vicente, A. R., C. Ortugno., H. Rosli., A.L. Powell., L.C. Greve., and J.M. Labavitch. 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.
- Wang, S., Q. Zhou., X. Zhou., B. Wer., and S. Ji. 2018. The effect of ethylene absorbent treatment on the softening of blueberry fruit. *Food chemistry*, 246, 286-294.
- Zafra-Stone, S., T. Yasmin., M. Bagchi., A. Chatterjee., J. Vinson and D. Bagchi. 2007, jun. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(6): 675-683.
- Zapata, L. M., A.D. Malleret, C.F. Quinteros, C.E. Lesa, C.O. Vuarant, M.F. Rivadeneira, and J.A. Gerard. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Universidad Nacional de Entre Ríos. Ciencia, Docencia y Tecnología* 21(41): 159-171.

ANEXO I

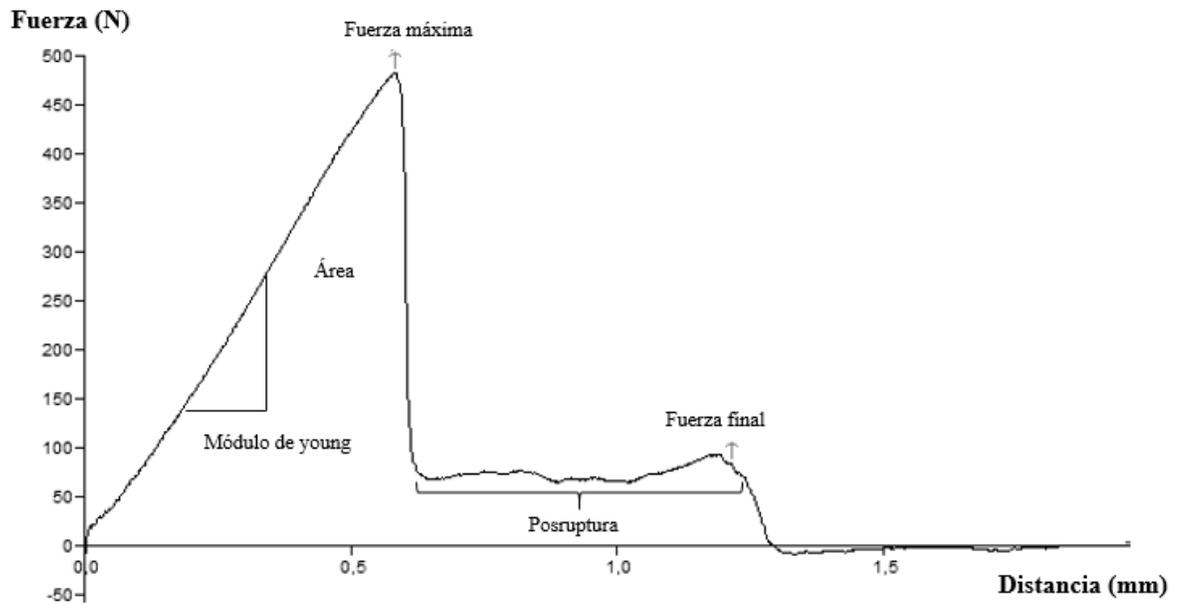


Figura 1. Curva de fuerza (N) versus distancia (mm) obtenida en fruto de arándano la cual señala parámetros como fuerza máxima, área, módulo de young, fuerza final.

ANEXO II

Cuadro 1. Variedades disponibles en la colección de variedades establecidas en la Estación Experimental Antumapu de la Universidad de Chile, su origen y alguna de sus principales características.

Especie	Variedades	Requerimiento de horas frío	Característica de la fruta		Lugar de origen
			Tamaño	Firmeza	
A.A.D.S	Biloxi	100	Medio	Alta	Mississippi
A.A.D.N	Briggita	800	Grande	Media	Australia
A.A.D.S	Camellia	400	Grande	Alta	Georgia
A.A.D.N	Clockwork	800	Medio	Media	Georgia
A.A.D.N	Duke	800	Medio	Media	New Jersey
A.A.D.S	Emerald	250	Grande	Alta	Florida
A.A.D.S	Farthing	300	Medio	Alta	Florida
A.A.D.S	Flicker	200	Grande	Alta	Florida
A.A.D.S	Jewel	200	Medio	Baja	Florida
A.A.D.N	Legacy	500	Medio	Media	USDA
A.A.D.S	Millenia	300	Medio	Media	Florida
A.A.D.S	Misty	200	Medio	Media	Florida
A.A.D.S	O'Neal	400	Medio	Media	Carolina del Norte
A.A.D.S	Sapphire	200	Medio	Media	Florida
A.A.D.S	Scintilla	200	Grande	Alta	Florida
A.A.D.S	Snowchaser	200	Medio	Media	Florida
A.A.D.S	Star	400	Medio	Media	Florida
A.A.D.S	Suziblue	400	Grande	Media	Georgia
A.A.D.S	Sweetcrisp	200	Medio	Alta	Florida
O.D.C	Tifblue	600	Medio	Media	Georgia
A.A.D.S	Ventura	400	Grande	Media	Georgia

*A.A.D. S (arándano alto del sur) A.A.D.N (arándano alto del norte) O.D.C (ojo de conejo)

APÉNDICE I

Figura 1. Parcela con las 21 variedades de arándanos, ubicada en la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile

APÉNDICE II

Cuadro 1. Tamaño de cicatriz (mm) y diámetro ecuatorial (mm) en bayas de 21 variedades de arándanos, temporada (2018-2019).

Variedades	Tamaño de cicatriz mm	Diámetro ecuatorial mm
Biloxi	2,08 B	13,90 B
Brigitta	1,73 C	15,61 A
Camellia	2,35 A	15,04 B
Clockwork	1,68 C	12,78 C
Duke	1,88 C	11,65 D
Emerald	2,02 B	14,69 B
Farthing	1,68 C	13,08 C
Flicker	2,08 B	15,97 A
Jewel	1,68 C	11,59 D
Legacy	2,28 A	14,34 B
Millenia	2,42 A	16,41 A
Misty	2,02 B	14,26 B
O'Neal	1,54 C	10,80 D
Sapphire	1,78 C	13,56 C
Scintilla	2,04 B	16,34 A
Snowchaser	2,52 A	14,49 B
Star	2,06 B	14,12 B
Suziblue	1,98 B	15,92 A
Sweetcrisp	1,56 C	12,38 D
Tifblue	1,65 C	11,44 D
Ventura	2,15 B	16,09 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor <0,05).

Cuadro 2: Valores de componentes principales obtenidos en cada una de las variables físicas y químicas evaluadas a madurez de cosecha.

Variables	e1	e2
Peso de fruto	0,43	-0,40
Diámetro ecuatorial	0,42	-0,41
Diámetro polar	0,43	-0,35
CSS	-0,05	-0,02
pH	-0,42	-0,36
AT	0,34	0,51
Relación CSS/AT	-0,41	-0,40

Cuadro 3. Matriz de correlación de Pearson entre peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar, contenido de sólidos solubles (CSS), acidez titulable (AT) y relación CSS/AT en bayas de 21 variedades de arándanos, en ambas temporadas de cosecha.

	Peso de fruto	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	CSS	pH	AT	Relación CSS/AT
Peso de fruto	1,00						
Diámetro ecuatorial	0,98**	1,00					
Diámetro polar	0,92**	0,89**	1,00				
CSS	-0,09ns	-0,13ns	0,09ns	1,00			
pH	-0,39**	-0,36*	-0,48**	-0,04ns	1,00		
AT	0,17ns	0,14ns	0,24ns	-0,05ns	-0,83**	1,00	
Relación CSS/AT	-0,36*	-0,37*	-0,35*	0,17ns	0,88**	-0,86**	1,00

*, **, ns: significativo a una probabilidad de 0,05, 0,01 y no significativo, respectivamente

Cuadro 4: Peso de fruto, diámetro ecuatorial, diámetro polar de las 21 variedades de arándanos en dos temporadas de cosecha.

Variedades	Temporada (2018-2019)			Temporada (2019- 2020)		
	Peso de fruto	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar	Peso de fruto	Diámetro ecuatorial	Diámetro polar
	g	mm	mm	g	mm	mm
Biloxi	1,45 D	13,90 B	10,40 E	0,83 E	11,34 D	8,60 G
Brigitta	1,96 B	15,61 A	11,58 D	1,24 D	13,19 C	9,99 F
Camellia	1,82 B	15,04 B	11,78 D	1,39 D	13,60 C	10,83 E
Clockwork	1,25 D	12,78 C	10,69 E	0,83 E	10,97 D	9,13 F
Duke	0,84 E	11,65 D	8,88 G	0,50 F	9,47 E	7,16 H
Emerald	1,69 C	14,69 B	11,48 D	0,99 E	12,15 D	9,38 F
Farthing	1,32 D	13,08 C	11,20 D	0,94 E	11,76 D	9,68 F
Flicker	2,31 A	15,97 A	13,41 B	1,12 E	12,47 D	10,73 E
Jewel	0,96 E	11,59 D	10,29 E	0,63 F	9,78 E	8,61 G
Legacy	1,66 C	14,34 B	10,83 E	1,45 D	13,53 C	10,36 E
Millenia	2,29 A	16,41 A	12,19 C	1,08 E	12,36 D	9,60 F
Misty	1,59 C	14,26 B	11,32 D	0,90 E	11,32 D	9,14 F
O'Neal	0,86 E	10,80 D	9,60 F	0,79 E	10,91 D	9,51 F
Sapphire	1,36 D	13,56 C	10,60 E	0,85 E	11,46 D	8,81 G
Scintilla	2,19 A	16,34 A	12,53 C	1,94 B	15,55 A	12,08 C
Snowchaser	1,68 C	14,49 B	12,97 B	1,50 D	13,94 B	11,74 D
Star	1,57 C	14,12 B	11,55 D	1,04 E	11,79 D	10,06 F
Suzible	2,12 A	15,92 A	12,52 C	1,25 D	13,22 C	10,56 E
Sweetcrisp	1,26 D	12,38 D	11,36 D	1,06 E	11,65 D	10,59 E
Tifblue	1,07 E	11,44 D	9,93 F	1,10 E	12,11 D	10,59 E
Ventura	2,27 A	16,09 A	14,02 A	1,66 C	14,32 B	12,34 C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor<0,05).

Cuadro 5: Concentración de sólidos solubles (CSS), pH, acidez titulable (AT) relación CSS/AT de las 21 variedades evaluadas en dos temporadas de cosecha.

Variedades	Temporada (2018-2019)				Temporada (2019-2020)			
	CSS	pH	AT	Relación CSS/AT	CSS	pH	AT	Relación CSS/AT
	%		% ácido cítrico		%		% ácido cítrico	
Biloxi	14,07 B	3,27 C	0,68 B	23,36 C	14,53 B	3,28 C	0,73 A	20,44 C
Brigitta	13,07 B	3,15 D	0,68 B	20,87 C	14,14 B	3,37 C	0,64 B	24,10 C
Camellia	12,05 C	3,44 C	0,41 C	30,88 B	14,27 B	3,63 B	0,43 C	34,42 B
Clockwork	11,57 C	3,00 E	0,91 A	13,37 D	12,13 C	3,01 E	0,97 A	14,34 D
Duke	14,37 B	3,80 B	0,45 C	35,12 B	12,30 C	4,39 A	0,29 C	58,03 A
Emerald	12,30 C	3,41 C	0,58 B	24,72 C	12,37 C	3,78 B	0,50 B	35,38 B
Farthing	13,42 B	3,70 B	0,30 C	57,63 A	13,67 B	3,81 B	0,34 C	47,95 A
Flicker	13,72 B	3,35 C	0,52 B	27,84 C	11,15 C	3,25 C	0,84 A	14,20 D
Jewel	13,38 B	3,10 D	0,84 A	17,83 C	13,85 B	3,15 D	1,07 A	13,76 D
Legacy	11,85 C	3,45 C	0,60 B	25,77 C	12,12 C	3,52 C	0,60 B	27,48 C
Millenia	11,02 C	3,24 C	0,78 A	15,44 D	10,27 D	3,15 D	0,94 A	11,83 D
Misty	13,07 B	3,25 C	0,52 B	27,25 C	13,63 B	3,22 C	0,62 B	24,15 C
O'Neal	13,82 B	3,95 B	0,22 C	68,05 A	12,65 C	3,87 B	0,41 C	57,96 A
Sapphire	13,32 B	3,76 B	0,37 C	45,73 A	11,76 C	3,89 B	0,33 C	43,95 A
Scintilla	12,68 C	3,31 C	0,60 B	22,51 C	14,73 B	3,32 C	0,78 A	19,74 C
Snowchaser	14,43 B	3,12 D	0,88 A	17,03 C	13,93 B	3,26 C	0,66 B	22,32 C
Star	12,78 C	3,22 C	0,56 B	24,29 C	13,25 B	3,32 C	0,59 B	25,92 C
Suzible	11,72 C	3,37 C	0,49 B	27,40 C	11,43 C	3,47 C	0,54 B	24,01 C
Sweetcrisp	15,58 B	3,29 C	0,63 B	28,26 C	18,52 A	3,69 B	0,43 C	47,44 A
Tifblue	14,15 B	2,98 E	0,66 B	21,97 C	15,05 B	3,12 D	0,61 B	24,98 C
Ventura	13,96 B	2,89 E	1,02 A	14,32 D	15,23 B	2,90 E	1,02 A	18,21 C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor<0,05).

APÉNDICE III

Cuadro 1. Valores de componentes principales obtenidos en cada una de las variables de textura evaluadas a madurez de cosecha.

Variables	e1	e2
Fuerza máxima	0,43	-0,09
Área fuerza máxima	0,34	0,05
Módulo de young	0,18	0,66
N° Peaks	0,34	-0,21
Área total	0,44	-0,16
Fuerza final	0,43	-3,1E-03
Distancia lineal	0,35	-0,27

Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson entre parámetros de textura de las 21 variedades de arándanos, evaluadas en dos temporadas de cosecha.

	Fza máx	Área Fza máx	Módulo de young	N° peaks	Área total	Fza final	Distancia lineal
Fza máx	1,00						
Área Fza máx	0,88**	1,00					
Módulo de young	0,21ns	0,21ns	1,00				
N° peaks	0,51**	0,21ns	0,15ns	1,00			
Área total	0,84**	0,55**	0,24ns	0,81**	1,00		
Fza final	0,81**	0,72**	0,32*	0,68**	0,86**	1,00	
Distancia lineal	0,74**	0,35*	0,06ns	0,64**	0,80**	0,53*	1,00

*, **, ns: significativo a una probabilidad de 0,05, 0,01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 3. Fuerza máxima (N), área fuerza máxima (N. mm), módulo de young (N/mm), obtenidos en la prueba de punción de fruto 21 de variedades de arándanos en dos temporadas de cosecha.

Variedades	Temporada (2018-2019)			Temporada (2019-2020)		
	Fza máx.	Á. Fza máx	Módulo young	Fza máx.	A. Fza máx	Módulo young
	N	N.mm	N/mm	N	N.mm	N/mm
Biloxi	2,36 C	3,93 B	0,9 B	2,32 C	3,83 C	1,59 A
Brigitta	2,09 D	3,27 C	0,84 B	2,02 D	3,17 C	1,64 A
Camellia	2,03 D	3,41 C	0,7 B	2,35 C	3,94 B	1,47 A
Clockwork	2,30 C	3,74 C	0,87 B	2,43 C	4,31 B	1,42 A
Duke	2,31 C	4,50 B	0,64 B	2,17 D	4,00 B	1,73 A
Emerald	2,40 C	3,45 C	1,01 B	2,32 C	3,45 C	1,69 A
Farthing	2,28 C	3,14 C	1,05 B	2,33 C	3,34 C	1,18 B
Flicker	1,98 D	2,85 D	0,9 B	2,16 D	3,65 C	1,82 A
Jewel	2,11 D	3,77 C	0,71 B	2,21 D	4,24 B	1,50 A
Legacy	2,31 C	4,05 B	0,83 B	2,05 D	3,47 C	1,40 A
Millenia	1,92 D	2,45 E	0,95 B	1,98 D	2,97 D	1,48 A
Misty	2,25 C	3,17 C	0,96 B	2,31 C	3,64 C	1,70 A
O'Neal	1,82 E	2,30 E	0,92 B	2,04 D	2,75 D	1,63 A
Sapphire	2,17 D	3,62 C	0,83 B	2,13 D	3,51 C	1,89 A
Scintilla	2,41 C	3,82 C	0,98 B	2,53 B	4,15 B	1,28 A
Snowchaser	2,04 D	3,03 D	0,83 B	1,82 E	2,92 D	1,81 A
Star	2,13 D	2,67 D	1,05 B	2,18 D	2,92 D	1,56 A
Suziblue	2,31 C	3,41 C	0,97 B	2,37 C	4,08 B	1,60 A
Sweetcrisp	4,34 A	6,35 A	1,35 A	4,36 A	6,14 A	1,86 A
Tifblue	2,13 D	3,23 C	0,88 B	2,10 D	3,00 D	1,40 A
Ventura	2,00 D	2,83 D	0,95 B	2,27 C	3,64 C	1,73 A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre variedades, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor<0,05).

Cuadro 4. Número de peaks, área total (N.mm), fuerza final (N) y distancia lineal (mm) obtenidos en la prueba de punción de fruto de 21 variedades de arándanos evaluados en dos temporadas de cosecha.

Variedades	Temporada (2018-2019)				Temporada (2019-2020)			
	Nº de peaks	A. total	Fza final	Distancia lineal	Nº de peaks	A. total	Fza final	Distancia lineal
		N.mm	N	mm		N.mm	N	mm
Biloxi	0,96 C	1,51 C	0,58 D	5,26 C	1,27 B	2,07 B	0,83 B	5,10 D
Brigitta	0,82 C	1,48 C	0,32 F	5,13 D	0,80 C	1,41 C	0,34 F	4,92 D
Camellia	0,67 C	1,41 C	0,41 E	4,77 D	0,75 C	1,68 C	0,57 D	5,06 D
Clockwork	1,04 B	1,65 C	0,59 D	5,19 D	1,07 B	1,65 C	0,67 C	5,04 D
Duke	0,85 C	1,61 C	0,58 D	4,51 E	1,11 B	1,77 B	0,59 D	4,48 E
Emerald	1,26 B	1,93 B	0,59 D	5,56 C	1,21 B	1,91 B	0,67 C	5,34 C
Farthing	1,18 B	1,71 C	0,48 E	5,69 B	1,34 B	1,95 B	0,57 D	5,51 C
Flicker	0,94 C	1,42 C	0,30 F	5,27 C	0,86 C	1,51 C	0,48 E	4,91 D
Jewel	0,86 C	1,61 C	0,59 D	4,72 D	0,88 C	1,42 C	0,52 D	4,48 E
Legacy	0,88 C	1,44 C	0,45 E	5,04 D	0,75 C	1,45 C	0,44 E	4,8 D
Millenia	1,32 B	1,79 B	0,41 E	5,39 C	1,38 B	1,86 B	0,59 D	5,07 D
Misty	1,19 B	1,78 B	0,45 E	5,44 C	1,15 B	1,86 B	0,56 D	5,12 D
O'Neal	1,45 B	2,00 B	0,54 D	5,26 C	1,16 B	2,06 B	0,60 D	5,33 C
Sapphire	0,92 C	1,46 C	0,49 E	5,07 D	1,11 B	1,48 C	0,47 E	4,90 D
Scintilla	0,89 C	1,64 C	0,39 E	5,49 C	0,93 C	1,58 C	0,39 E	5,55 C
Snowchaser	1,14 B	1,86 B	0,45 E	5,05 D	0,76 C	1,39 C	0,37 E	4,93 D
Star	1,16 B	2,05 B	0,49 E	5,69 B	1,18 B	2,15 B	0,59 D	5,52 C
Suziblue	0,62 C	1,56 C	0,39 E	5,45 C	0,66 C	1,49 C	0,53 D	5,07 D
Sweetcrisp	1,74 A	3,59 A	1,12 A	6,56 A	1,67 A	3,46 A	1,11 A	6,78 A
Tifblue	1,32 B	1,78 B	0,53 D	5,19 D	1,03 B	1,78 B	0,54 D	5,15 D
Ventura	0,99 C	1,70 C	0,38 E	5,40 C	1,02 B	1,82 B	0,46 E	5,36 C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre variedades, según la prueba de comparación múltiple DGC (p-valor<0,05).

APÉNDICE IV

Cuadro 1: Valores de componentes principales obtenidos para cada variable de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha.

Variables	e1	e2
Fza máx	0,49	-0,03
Área Fza máx	0,47	-0,17
Módulo de young	0,48	0,04
N° peaks	0,08	0,58
Área total	0,22	0,54
Fza final	0,49	-0,07
Distancia lineal	-0,09	0,58

Cuadro 2. Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en precosecha.

	Fza máx	Área Fza máx	Módulo de young	N° peaks	Área total	Fza final	Distancia lineal
Fza máx	1,00						
Área Fza máx	0,97**	1,00					
Módulo de young	0,95**	0,90**	1,00				
N° peaks	0,09ns	-0,14ns	0,24ns	1,00			
Área total	0,39ns	0,16ns	0,47ns	0,93**	1,00		
Fza final	1,00**	0,98**	0,94**	0,03ns	0,33ns	1,00	
Distancia lineal	-0,20ns	-0,45ns	-0,12ns	0,88**	0,78**	-0,27ns	1,00

*, **, ns: significativo a una probabilidad de 0,05, 0,01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 3: Valores de componentes principales obtenidos para cada variable de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro y días en planta.

Variable	e1	e2
Fza máx	0,46	-0,16
Área Fza máx	0,43	-0,35
Módulo de young	0,34	-0,20
N° peaks	0,14	0,65
Área total	0,43	0,35
Fza final	0,44	-0,21
Distancia lineal	0,30	0,47

Cuadro 4. Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de seis variedades de arándanos en estado maduro y días en planta.

	Fza máx	Área Fza máx	Módulo de young	N° peaks	Área total	Fza final	Distancia lineal
Fza máx	1,00						
Área Fza máx	0,95**	1,00					
Módulo de young	0,56*	0,58*	1,00				
N° peaks	0,04ns	-0,15ns	0,15ns	1,00			
Área total	0,70**	0,53*	0,40ns	0,58*	1,00		
Fza final	0,82**	0,85**	0,66**	0,12ns	0,69**	1,00	
Distancia lineal	0,53*	0,29ns	0,16ns	0,44ns	0,78**	0,24ns	1,00

*, **, ns: significativo a una probabilidad de 0,05, 0,01 y no significativo, respectivamente.

Cuadro 5. Valores de componentes principales obtenidos para cada parámetro de textura de seis variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C.

Parámetros	e1	e2
Fza máx	0,34	0,49
Área Fza máx	0,13	0,66
Módulo de Young	0,45	0,07
N° peaks	0,44	-0,16
Área total	0,47	-0,11
Fza final	-0,18	0,52
Distancia lineal	0,46	-0,15

Cuadro 6: Matriz de correlación de Pearson para los parámetros de textura en bayas de 6 variedades de arándanos luego de días en almacenamiento a 20°C.

	Fza máx	Área Fza máx	Módulo de young	N° peaks	Área total	Fza final	Distancia lineal
Fza máx	1,00						
Área Fza máx	0,85**	1,00					
Módulo de young	0,72**	0,28ns	1,00				
N° peaks	0,48*	-0,01ns	0,85**	1,00			
Área total	0,57**	0,08ns	0,91**	0,97**	1,00		
Fza final	0,12ns	0,36ns	-0,20ns	-0,35ns	-0,39ns	1,00	
Distancia lineal	0,56**	0,11ns	0,88**	0,90**	0,95**	-0,57**	1,00

*, **, ns: significativo a una probabilidad de 0,05, 0,01 y no significativo, respectivamente.