

Capítulo 2

Atributos de calidad e índices de madurez y cosecha

Iverly Romero M.

Ingeniera Agrónoma, M.Sc.

Edgard Álvarez R.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

Bruno Defilippi B.

Ingeniero Agrónomo, Ph.D.

Abel González G.

Ingeniero Agrónomo, M.Sc.

En los últimos años la producción de arándanos ha aumentado a nivel mundial, apareciendo otros actores en la escena, por lo que mantener la calidad de la fruta exportada es esencial para ser competitivos en los nuevos mercados y en los existentes. Para llegar a estos mercados, el primer paso en la vida de postcosecha de un producto es el momento de la cosecha (Kader, 2002). En este momento la fruta debe ser cosechada con una madurez apropiada, debido a que de ésta depende la duración del fruto en almacenamiento. Así cuando la fruta se cosecha en un estado de madurez inadecuada, aunque reciba todas las tecnologías de postcosecha, sufrirá deterioro en este periodo por su actividad metabólica mencionada en el capítulo anterior.

La calidad está definida por una serie de factores, los cuales los podemos agrupar en calidad visual, calidad organoléptica y calidad nutritiva. La calidad visual se refiere a la apariencia de la fruta, la cual en arándanos la define con (i) un fruto de color azul uniforme, (ii) la presencia de cera en la superficie de la fruta (conocida como *bloom*), que el consumidor lo relaciona a una fruta fresca, (iii) la ausencia de defectos como daño mecánico y pudriciones, (iv) forma y tamaño de la fruta y (v) una fruta con firmeza adecuada. Respecto a la calidad organoléptica, está determinada por el contenido balanceado de azúcares, ácidos y volátiles responsables del aroma característico de la fruta. Por lo tanto, todas las operaciones, tanto de precosecha como postcosecha deben ir focalizadas en maximizar la obtención de un producto de calidad global, el cual mantenga sus características hasta la etapa de consumo.

Como se mencionó, dentro de los atributos de calidad y condición exigidos por los consumidores de arándano fresco se incluye el tamaño, desarrollo de color,

ausencia de defectos y pudriciones, sabor y textura, siendo este último el que quizás representa un mayor desafío para industria durante toda la cadena de comercialización (**Cuadro 2.1**). Esta situación estaría dada por una serie de factores que determinan firmeza; donde destacan la variedad, el estado de madurez a cosecha, el nivel nutricional (relación C/N, por ejemplo), deshidratación del fruto, períodos prolongados de almacenamiento/envío, etc., y la interacción entre ellos definen este importante atributo.

Cuadro 2.1. Parámetros de calidad recomendados para arándanos.

Atributo	Nivel o rango
pH	2,25 - 4,25
Acidez titulable (expresado ácido cítrico, %)	0,3 - 1,3 (p/p)
Sólidos solubles totales (SST, %)	>10 (p/p)
Relación SST/AT	10 - 33
Firmeza	> 70 g para 1 mm deformación
Tamaño (mm)	> 10
Color (%)	Azul, <0,5 antocianina (p/p)

Fuente: Retamales & Hancock (2018).

Además, se suma el dinamismo importante que tiene esta industria, con un crecimiento significativo en los últimos años enfocado hacia mercados distantes como Europa y Asia, lo cual ha hecho necesario extender la vida de postcosecha hasta el límite de vida útil como fruta fresca, en países proveedores como Chile, Perú y Argentina, entre otros. Dada esta situación, se han adoptado una serie de tecnologías, a revisar en el Capítulo 6, como es el uso de atmósfera modificada y controlada, hasta la necesidad de fumigaciones por motivos cuarentenarios, procesos que de una u otra forma afectan a la calidad y condición de la fruta, incluida su textura.

2.1. Índice de madurez

El momento óptimo de cosecha se determina por una serie de variables conocidas como índices de madurez. Como índices, implican que sean medibles y parametrizadas en el desarrollo de la baya hasta su cosecha, y estos pueden utilizarse para determinar si un producto en particular posee la madurez requerida comercialmente.

Un buen índice de madurez es aquel que presenta una variación importante a lo largo del proceso de maduración. Debe ser de preferencia objetivo, es decir, que sea medible y ser consistente con la calidad y vida postcosecha del producto para todas las regiones productoras. En este sentido, se han utilizado algunas características del fruto con la intención de obtener estimaciones adecuadas de la madurez. En arándano son utilizados usualmente el color, la firmeza, el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable.

Estos índices aparte de determinar el momento de cosecha, son importantes en la comercialización, ya que en ocasiones les permite a los productores saber si su producto puede cosecharse cuando el mercado es atractivo. Además, dan la posibilidad de hacer uso eficiente de la mano de obra en momentos de escasez y también permiten estimar fechas de cosechas por variedad.

A diferencia de otras frutas, en arándano se da la particularidad de que se dispone una gran número de variedades, pero con características muy similares en cuanto a color, tamaño y composición, a diferencia de lo que se observa en otras especies como uva de mesa, manzana, mango, entre otras. Por lo tanto, en arándano usualmente no se consideran índices específicos de madurez, calidad y cosecha por variedad, pero sabiendo que existen diferencias importantes en potencial de vida útil entre variedades, es necesario avanzar y determinar atributos, o la interacción entre ellos. Esto nos permitirá definir parámetros que indiquen no sólo el momento óptimo de cosecha pensando en calidad, sino que además nos permita estimar el potencial de vida útil que tendrá la fruta.

En este capítulo se revisan los principales índices de madurez utilizados en arándano, y los avances realizados en la búsqueda de parámetros que permitan estimar la vida útil de la fruta.

2.1.1. Color de la epidermis

El cambio de color de la epidermis que acompaña a la madurez fisiológica es utilizado ampliamente como índice de madurez. En relación a esto, las antocianinas representan un grupo de compuestos fenólicos que se encuentran principalmente en flores y frutos. Estos últimos se localizan preferentemente en la piel del fruto y ocasionalmente en la pulpa. Pueden contener un solo tipo de pigmento, como en la manzana, la cual contiene únicamente cianidina, mientras que en frutos como la uva y los arándanos contienen la combinación de cinco de las seis antocianidinas comunes (Vargas *et al.*, 2002). Estos compuestos fenólicos según su concentración y distribución en la piel de las bayas, son los responsables de dar color.

Durante el desarrollo del fruto en el arbusto, la determinación de color externo generalmente se realiza por comparación con tablas de color, y a nivel más cuantitativo están disponibles los colorímetros, instrumentos que tiene un elevado costo y que no necesariamente reflejan la distribución del color en el fruto, por lo que estos últimos son utilizados a nivel de laboratorio. A nivel de proceso o packing existe la tecnología para poder segregar en forma rápida y automatizada un gran volumen de fruta por nivel de cobertura de color.

Cualquiera sea el instrumento utilizado en la fase de cosecha en arándanos, no es posible detectar diferencias visuales en el color entre un fruto que recién logró un 100% de cobertura azul y otro con un 100% de cobertura azul, pero que reside hace varios días más en la planta (Moggia *et al*, 2016), lo que finalmente se traduce en fruta sobremadura, ya que en este período se producen una serie de cambios, como el aumento en sólidos solubles totales y cambios a nivel de pulpa (**Figura 2.1**). Este es un punto crucial a nivel de productor, ya que estará asociado a definiciones importantes como el momento de ingreso a un cuartel o

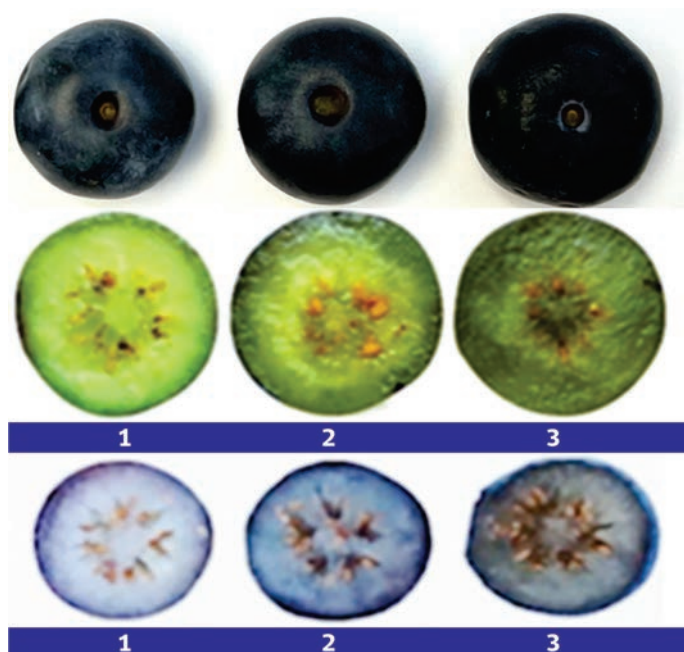


Figura 2.1. Cambios en el color de la epidermis y apariencia de pulpa de frutos de arándanos. Es importante tener en cuenta que las variedades evolucionan distinto en apariencia de pulpa a medida que avanza la madurez, y por lo tanto se sugiere realizar escalas por variedad o grupo de variedades.

sector del campo, lo que va ligado a uso de mano de obra y potencial de vida útil de la fruta cosechada. Por lo cual, el color sólo es un buen indicador de madurez hasta que el fruto alcanza el color azul con un 100% de cobertura, luego de eso, es muy difícil estimar su avance de maduración.

Actualmente se están realizando desarrollos orientados a cuantificar en forma no destructiva los cambios en pigmentos responsables del cambio de color a medida que el fruto tiene un 100% de color azul y luego sigue evolucionando. Investigadores del Departamento de Agricultura de Precisión de INIA Quilamapu se encuentran desarrollando una técnica basada en la relación existente entre el estado de madurez del color azul de la baya y la presencia de antocianinas. Para ello el equipo realizó la construcción de un modelo que permite correlacionar las mediciones de equipos espectro radiométricos Vis-NIR (Near-Infrared) con el contenido de antocianinas de bayas. Técnicamente cuando se habla de NIRs, este involucra un haz de luz que al interactuar con material biológico produce una radiación electromagnética, lo que le permite penetrar dentro de una muestra y ser absorbida o reflejada. Esta onda reflejada se analiza, y puede proporcionar información acerca de la muestra, como por ejemplo su composición interna. El modelo fue probado en el año 2018, donde el valor de antocianinas extraídas en laboratorio y la clasificación de madurez entregada por el modelo a partir de la medición del equipo Vis-NIR fueron correctas. En este trabajo los frutos maduros tienen un contenido de antocianinas medido en laboratorio con el método Glories entre 1,0-1,3 mg g⁻¹.

El futuro desarrollo de esta herramienta permitiría tener una mayor certeza del tiempo que lleva el fruto en el arbusto desde que logró el 100% de color. Sin duda, habrá avances importantes en esta línea de trabajo, y con un impacto a nivel de la industria con herramientas que permitan la segregación y categorización de fruta a nivel de materia prima y producto terminado.

2.1.2. Calibre

El calibre depende principalmente de factores genéticos que inciden en el desarrollo del fruto, donde la división y la elongación celular determinan en gran medida este parámetro de calidad. En los arándanos el crecimiento de los frutos como en otros casos, sigue una curva doble sigmoidea. En una primera etapa se presenta un rápido crecimiento debido a la división celular y la duración de esta etapa puede variar de 21 a 50 días para variedades con un ciclo corto y largo, respectivamente (Shoemaker, 1978). Una segunda etapa se caracteriza por un marcado retraso en

el desarrollo del pericarpio, asociado a un rápido crecimiento del embrión (Gough., 1994), donde esta etapa puede durar 18 y 27 días para variedades de ciclo corto y largo. Finalmente se produce la elongación celular en el mesocarpio, donde los asimilados y el agua comienzan a ingresar fuertemente al fruto, por lo cual en esta etapa se define la calidad adquiriendo el calibre final y el potencial de condición del fruto. Esta etapa tiene una duración de 26 días en arándano alto (Shoemaker, 1978).

Si bien en arándanos a diferencia de lo que sucede en otras especies frutales, el calibre no se utiliza como índice de madurez, si es considerado en la calidad de los frutos. Para determinar calibre generalmente se utiliza un pie de metro y en campo se utilizan calibradores de bolsillo propios para esta especie. En la industria han clasificado los calibre como pequeño (≤ 10 mm), medio (11-15 mm) y fruto grande (≥ 16 mm), sin especificar entre variedades, mientras que algunos equipos los clasifican de acuerdo a lo indicado en el **Cuadro 2.2**.

Cuadro 2.2. Categorías de calibre en equipos de análisis de firmeza para arándanos.

Categorías	L Large	XL Extra Large	J Jumbo	SJ Super Jumbo	P Premium	SP Super Premium
Rango (mm)	0-12	12-14	14-16	16-18	18-20	>20

2.1.3. Firmeza de fruto

Uno de los cambios más importante y menos apreciable durante el avance del desarrollo del fruto en el arbusto es el que ocurre a nivel de pulpa. Internamente la pulpa va sufriendo cambios físicos, químicos y estructurales a medida que avanza la madurez, los cuales van asociados a cambios en textura y ablandamiento. Asimismo, una baya firme es signo de frescura y permite asegurar un mayor período de almacenamiento, por el contrario, se sabe que el ablandamiento aumenta la susceptibilidad al daño mecánico y al ataque de patógenos (Vargas *et al*, 2000). A nivel de consumidor, la firmeza es un atributo global de calidad en el arándano, y es uno de los principales atributos que determinan la opción de compra, seguido del sabor. De esta manera el ablandamiento estaría limitando los volúmenes de fruta enviados a mercados lejanos y con esto afectando la rentabilidad del rubro de exportación de arándanos.

La firmeza se ha descrito como la fuerza necesaria para afectar destructivamente al tejido y se encuentra vinculada a los diferentes estados de madurez. La pérdida

de firmeza puede ser influenciada por la variedad cultivada y el momento de cosecha. En los arándanos, una vez alcanzado el estado de madurez de consumo o cosecha, sobreviene rápidamente el estado de sobremadurez, el cual puede ser asociado a un ablandamiento excesivo del fruto durante postcosecha, derivando en una disminución del potencial del tiempo de almacenaje.

En cuanto a la cuantificación de firmeza, por décadas se utilizó una medición cualitativa basada la fuerza necesaria para deformar el fruto entre el dedo pulgar y el índice como un indicador comercial de fruta blanda. Sin embargo, esta metodología se encuentra altamente influenciada por el evaluador afectando la calidad de la información generada. Actualmente, estos cambios de textura o firmeza pueden evaluarse en terreno o laboratorio utilizando una serie de instrumentos. El equipo que entrega más información a nivel de laboratorio es el texturómetro, equipo que mide la fuerza requerida para penetrar, comprimir, deformar o exprimir el fruto, y esta fuerza puede aplicarse en una amplia variedad de formas y se ejecuta mediante una sonda que es empujada sobre la muestra del producto, causando compresión (Zapata *et al.* 2010). Es un equipo de alta precisión, alto costo y que requiere un operador entrenado, por lo que no es común utilizarlo a nivel de industria.

A nivel de industria se encuentran disponibles una serie de instrumentos, que principalmente se basan en la medición de la fuerza necesaria para deformar el fruto, donde en algunos casos es una deformación medible y cuantificable, como ocurre en equipos como el Firmtech y Firmpro, instrumentos ampliamente utilizados a nivel de laboratorio y plantas de proceso. Como se mencionó, independiente del instrumento a utilizar, es importante que esta medición no sufra variaciones por factores externos como el operador y el medio ambiente. En el **Cuadro 2.3**, se presenta una comparación de los instrumentos actualmente más utilizados por la industria en la cuantificación de la firmeza en arándano.

Cuadro 2.3. Comparación de atributos entre equipos utilizados para la medición de firmeza en arándano.

Equipo	Precisión	Calidad información	Facilidad operación	Velocidad operación	Servicio técnico
Texturómetro (N)	1	1	4	4	3
Firmtech ($g_f \text{ mm}^{-1}$)	3	3	2	1	4
FirmPro ($g_f \text{ mm}^{-1}$)	2	2	2	1	1
Durofel/Baxlo (unidades)	4	4	1	1	2

*1=más conveniente a 4=menos conveniente.

Fuente: Unidad de Postcosecha, INIA.

Por otro lado, al evaluar la firmeza en forma cuantitativa con estos instrumentos permite categorizar los frutos desde frutos muy blandos hasta frutos muy firmes. Un ejemplo de clasificación de acuerdo a uno de los instrumentos se visualiza en el **Cuadro 2.4**.

Cuadro 2.4. Clasificación por firmeza de los frutos de acuerdo a medición realizada con equipo FirmPro.

Clasificación de firmeza	Muy blando	Blando	Sensible	Firme	Muy firme
Rango firmeza ($g_f \text{ mm}^{-1}$)	<100	100 - 120	120 - 130	130 - 140	> 140

Al medir la firmeza de un arándano, tanto a la cosecha como durante el almacenamiento, se debe considerar la alta variabilidad que presenta este valor dentro de una población de fruta. Como se observa en la **Figura 2.2**, para arándanos de 4 variedades cosechada en la temporada 2020-21, existe una importante variabilidad en firmeza, y donde el valor de la media o promedio no necesariamente es un indicador del reflejo de la calidad para este importante atributo. Por lo tanto, frente a la importancia que tiene el atributo de firmeza a nivel de cosecha y postcosecha, se hace necesario implementar metodologías adecuadas para la cuantificación, y

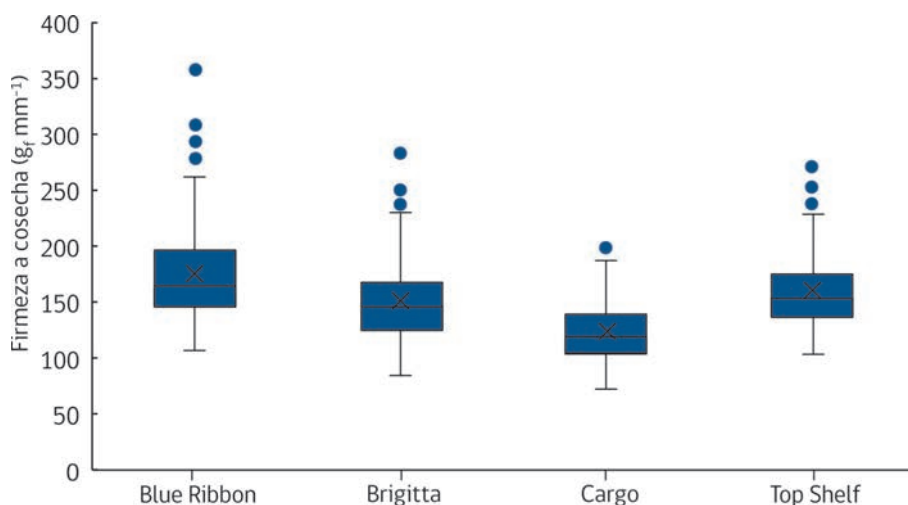


Figura 2.2. Distribución de firmeza de arándano a cosecha ($g_f \text{ mm}^{-1}$) en 4 variedades (Blue Ribbon, Brigitta, Cargo y Top Shelf), Freire, Región de la Araucanía en la temporada 2020-2021.

sobre todo el conocer la distribución de firmeza de la materia prima a proceso la cual va estar influenciada por la variedad, aspectos de manejo productivo y condiciones agroclimáticas.

2.1.4. Apariencia de pulpa

Así como durante el desarrollo del fruto en el arbusto se van generando cambios estructurales y de composición en la pared celular, y de contenido a nivel de azúcares y ácidos orgánicos en la célula, también ocurren cambios a nivel de pulpa con avance de la madurez. Estos cambios se reflejan en una modificación de la pulpa al ser evaluada en un corte transversal (**Figura 2.1**). En términos de firmeza a cosecha, a medida que se cosecha con fruta en escala de pulpa más avanzada, y siempre con >90% color azul de cubrimiento externo, obtenemos una materia más blanda (**Figura 2.3**).

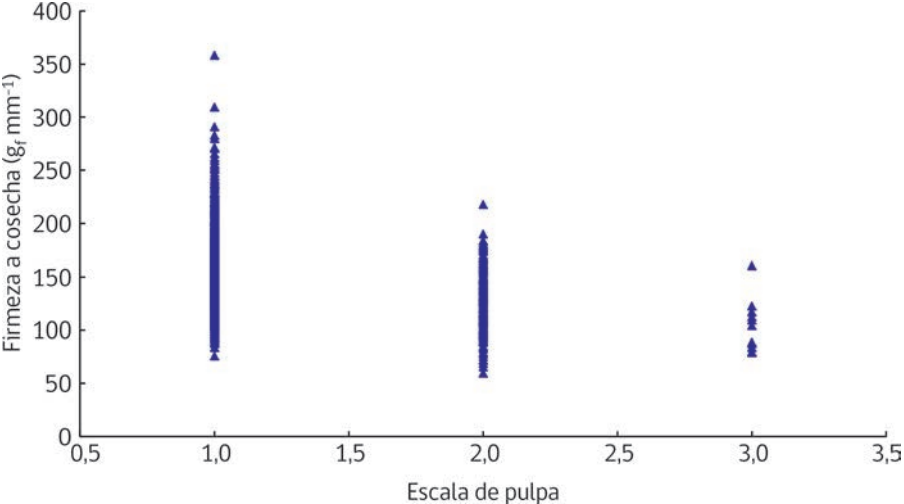


Figura 2.3. Escala de apariencia de pulpa y firmeza de frutos para dos temporadas (2020-21 y 2021-22) en La Región de La Araucanía. La muestra contempla fruta de las variedades Blue Ribbon, Top shelf, Brigitta, Legacy y Cargo, producidas bajo coberturas de protección y al aire libre.

En un estudio realizado por el grupo de investigación de postcosecha de INIA, se determinó la relación que existe entre frutos con pulpas en distinto estado de madurez y la incidencia de frutos blandos luego de 30 días en almacenamiento a 0 °C en aire regular con bolsa microperforada al 0,3%. La fruta proveniente

de la comuna de Freire, Región de La Araucanía, fue agrupada de acuerdo a una misma firmeza instrumental y su apariencia de pulpa (1 - 2- 3) fue promediada en aquellos grupos (**Figura 2.4**).

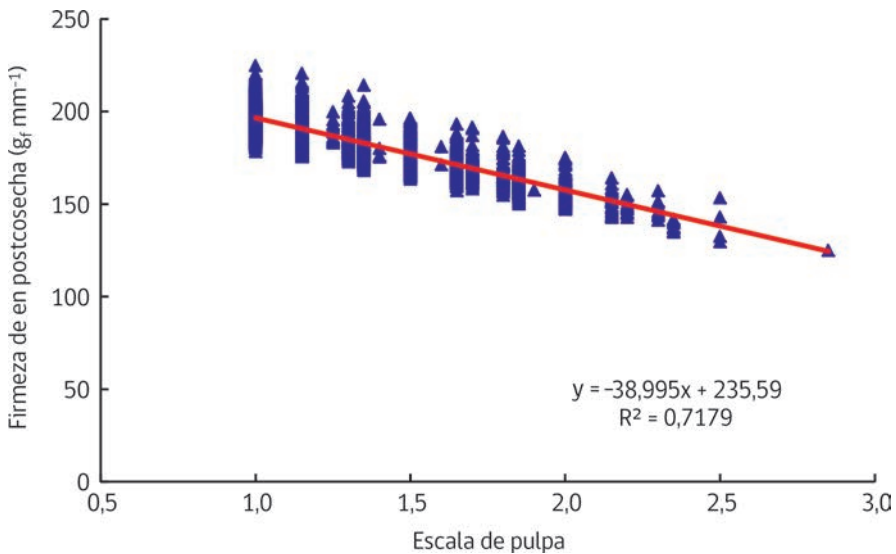


Figura 2.4. Relación entre la escala de apariencia de pulpa a cosecha (1, 2 y 3), y la firmeza instrumental de fruta a postcosecha en la temporada 2020-2021 de las variedades Cargo, Blue Ribbon, Top Shelf y Brigitta, luego de almacenamiento a 30 días en 0° C con aire regular y bolsa microperforada al 0,3%.

De esta información es importante considerar la alta variabilidad en cuanto a firmeza dentro de cada escala de pulpa, incluso siendo posible observar en fruta con pulpa avanzadas en apariencia (nivel 3), fruta en el rango firme luego de 30 días. Es decir, no necesariamente una pulpa avanzada está relacionada a una fruta blanda a cosecha, pero si existe una mayor probabilidad de tener fruta blanda si cosecho materia prima en estado avanzado de madurez, lo cual está descrito en la literatura. En estos estudios fue posible observar una relación lineal entre la firmeza instrumental y la apariencia de pulpa. Esta relación fue significativa y directamente proporcional; por lo tanto el aumento de las escala de apariencias de pulpas puede generar un aumento en la incidencia de frutos blandos al tacto en la etapa de postcosecha. Es decir, la estrategia de evaluar pulpa a cosecha podría tener un uso como herramienta predictiva del ablandamiento luego de almacenamiento.

De aquí la necesidad de iniciar de manera oportuna las cosechas y, sobre todo definir los intervalos entre cosechas dentro de un mismo cuartel. Mientras mayores sean los tiempos entre éstos, mayor es la posibilidad de cosechar frutos sobre-maduros y con esto mayor será la probabilidad de tener frutos blandos en postcosecha, independiente de la tecnología seleccionada durante almacenamiento y transporte.

A partir de esta información, se ha continuado con el uso de la apariencia de la pulpa como variable para determinar el momento de cosecha. Quizás una de las mayores limitaciones es la medición que se realiza, determinando la apariencia de pulpa visualmente con tabla de condición de pulpa hedónica por variedad o grupo de variedades. Para esto, al partir frutos que son cortados a nivel ecuatorial a medida que avanza la madurez se manifiestan zonas acuosas desde el exterior al interior del fruto. Eso sí, como en todos los casos hay excepciones, siendo uno de ellos es la variedad Ventura, donde su pulpa no manifiesta cambios a regiones acuosas, sino que aumenta su harinosidad a medida que avanza su madurez. Sin dudas el desarrollo de herramientas no destructivas que permitan evaluar un volumen importante de fruta facilitará la implementación de esta estrategia.

Complementando el estudio anterior, en las temporadas 2020-21 y 2021-22 en las localidades de Freire y Galvarino de la Región de La Araucanía, se buscó determinar otro índice de cosecha independiente del color externo de la fruta ampliamente usado en arándanos como se comentó. Para ello, se evaluó el uso de la apariencia de pulpa, calibre (mm), sólidos solubles totales (%) y acidez titulable (%) como predictores de la firmeza en postcosecha ($g_f \text{ mm}^{-1}$). En cosecha se utilizaron grupos de frutos con similar firmeza, para luego analizar los parámetros anteriormente señalados. Una parte de los frutos cosechados se llevó a frío por 30 días a 0 °C, con bolsa microperforada 0,3% para las evaluaciones de postcosecha. En ambas temporadas, para frutos en apariencia de pulpa 2, el calibre de fruto se correlacionó inversamente con la firmeza a postcosecha de los frutos (p -valor $<0,05$), donde a medida que aumenta el calibre de los frutos, la firmeza a postcosecha disminuyó (**Figuras 2.5 y 2.6**), lo que concuerda con lo reportado por Ballinger *et al.* (1973), en donde los arándanos más pequeños tienden a ser ligeramente más firmes que los más grandes.

Por otro lado, al evaluar la relación sólidos solubles totales y firmeza de post-cosecha en apariencia de pulpa 2, en la temporada 2020-21 este parámetro mostró una correlación negativa (p -valor $<0,05$), donde a medida que aumenta

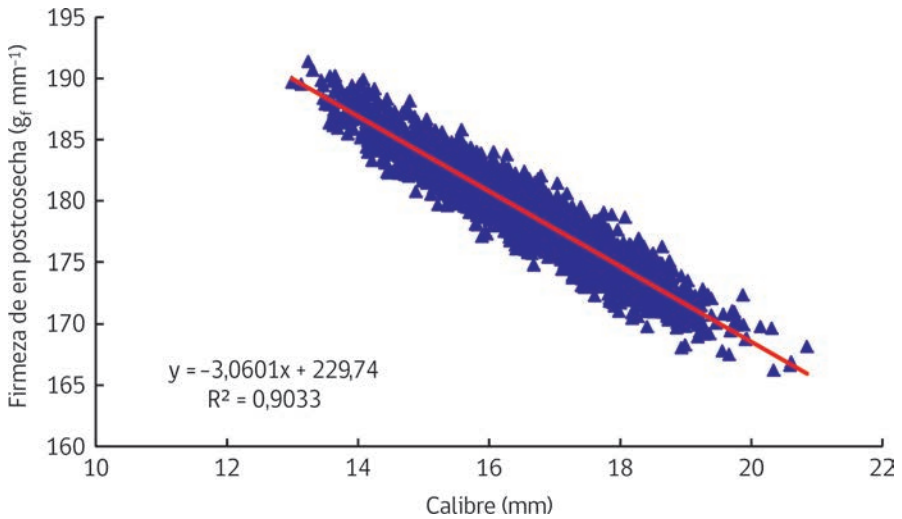


Figura 2.5. Relación entre calibre (mm) y firmeza de fruto a postcosecha (g_f mm⁻¹) en frutos con pulpa con apariencia en escala 2. Frutos de Brigitta, Blue Ribbon, Top Shelf y Cargo cosechados desde la comuna de Freire, Temporada 2020-2021.

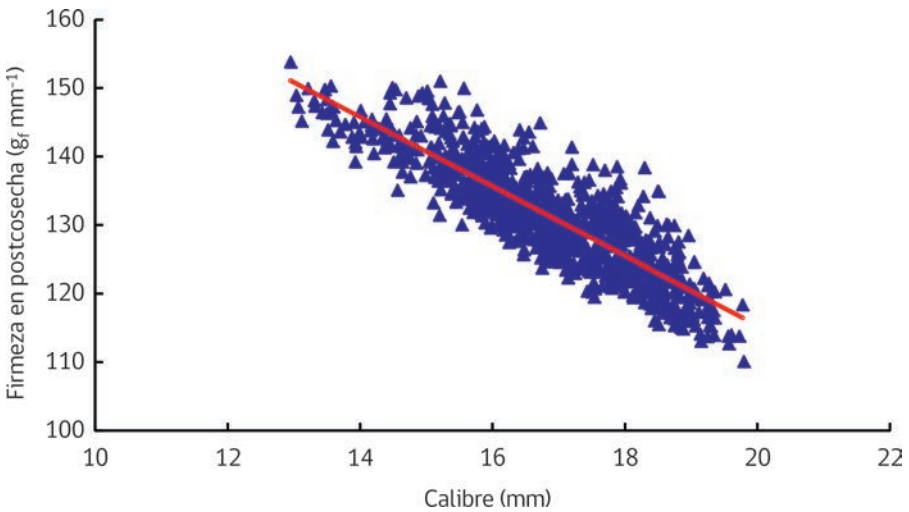


Figura 2.6. Relación entre calibre (mm) y firmeza de fruto a postcosecha (g_f mm⁻¹) en pulpa con apariencia 2. Frutos de Top Shelf, Legacy y Brigitta bajo coberturas plásticas (LDPE, Malla y Rafia) cosechados desde la comuna de Traiguén, Temporada 2021-2022.

el contenido de sólidos solubles totales disminuye la firmeza en postcosecha, mientras que para la temporada 2021-22 cosechada al norte de la Región de La Araucanía bajo coberturas, esta relación no fue significativa (**Figura 2.7**). A medida que el fruto se va desarrollando, va disminuyendo su firmeza y aumentando el contenido de sólidos solubles totales (ver 2.1.4). Al analizar los resultados, la significancia encontrada en la comuna de Freire cultivados al aire libre, nos permite observar un amplio rango de valores de sólidos solubles totales (%) en escala de pulpa 2, mientras que en los tratamientos bajo coberturas, el rango de contenido de SST es más acotado y no logra correlacionarse significativamente con la firmeza a postcosecha.

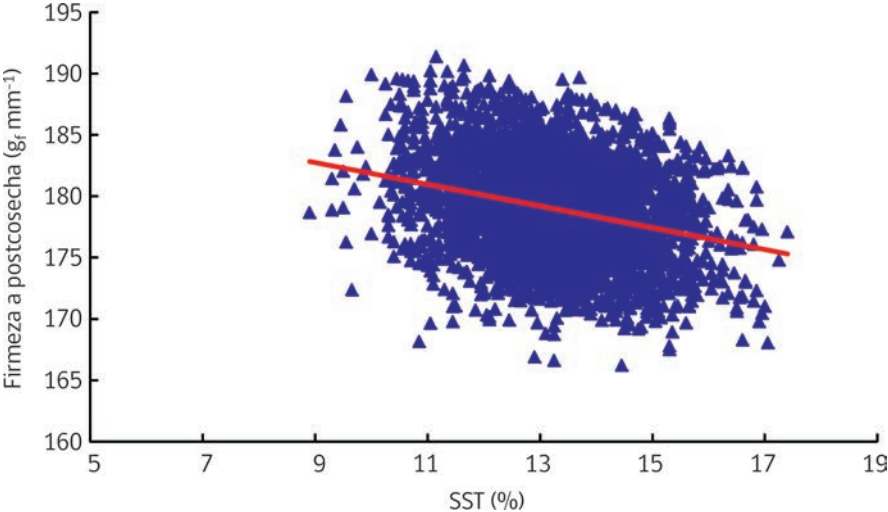


Figura 2.7. Relación entre contenido de sólidos solubles totales (%) y firmeza de fruto a postcosecha ($g_f \text{ mm}^{-1}$) en pulpa con apariencia 2. Frutos de Brigitta, Blue Ribbon, Top Shelf y Cargo cosechados desde la comuna de Freire, Temporada 2020-2021.

En la temporada 2021-22 con las variedades bajo coberturas plásticas, la acidez titulable se correlacionó directamente con la firmeza de fruto postcosecha en ambas apariencias de pulpas (1 y 2), no así en la temporada 2020-21 cosechada desde la comuna de Freire con las variedades al aire libre (**Figura 2.8**). Bajo cobertura a medida que los frutos presentaron mayor acidez estos llegaron con una mayor firmeza a postcosecha. Estos resultados reafirman que el contenido de acidez del fruto es multifactorial, donde la variedad, localidad y clima pueden afectar el contenido de este.

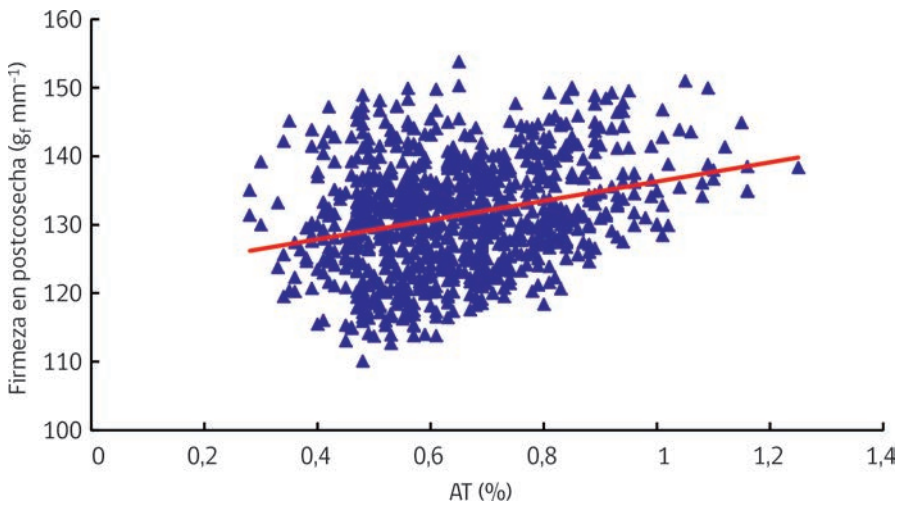


Figura 2.8. Relación entre acidez titulable (%) y firmeza de fruto ($\text{g}_f \text{mm}^{-1}$) en pulpa con apariencia 2. Frutos de Top Shelf, Legacy y Brigitta bajo coberturas plásticas (LDPE, Malla y Rafia) cosechados desde la comuna de Traiguén, Temporada 2021-2022.

2.1.5. Sólidos solubles totales y acidez titulable

Como se mencionó, la maduración va acompañada de cambios químicos en la composición de las bayas, donde los azúcares se acumulan durante el desarrollo y la maduración de la fruta, mientras que permanecen relativamente estables durante el período posterior a la cosecha. Por lo tanto, es importante resaltar que si bien el arándano es considerado un fruto climatérico por su comportamiento respiratorio, no hay una acumulación de azúcares posterior a la cosecha, como sí ocurre en otros frutos climatéricos clásicos como manzana y banana, entre otros. De observar aumentos de azúcares en la etapa de postcosecha, sin dudas esto va ligado a una excesiva deshidratación del fruto, o a una inadecuada medición del nivel de azúcares.

Para realizar un seguimiento de estos parámetros, generalmente se requiere de un muestreo destructivo y en ocasiones requieren de análisis químicos algo más complejos al medir metabolitos que determinan ambos atributos.

Desde el jugo obtenido de las bayas es posible evaluar el contenido de sólidos solubles totales y la acidez titulable. El primer parámetro se refiere a la cantidad de SST presente en una unidad de volumen de solución. Estos sólidos incluyen

azúcares, ácidos orgánicos, pigmentos y pectinas solubles, entre otros. En general en gran parte de los frutos, del total de sólidos solubles totales, más de un 60% está determinado por la presencia de azúcares responsables del dulzor. Por lo tanto, en especies como uva de mesa y arándano, la medición de sólidos solubles totales está cercana al contenido total de azúcares. En otras especies, como frutilla o fresa, del total de los SST medidos, sólo un 60% equivale a azúcares, y el resto está definido por ácidos (10%), antocianinas (21%), pectinas solubles (7%) y otros (2%). Usualmente, el nivel de SST se mide con un refractómetro, que mide el contenido de azúcar de las soluciones azucaradas, donde el azúcar es el principal componente. La unidad de medición es de 1 grado Brix (°Bx) que es igual a 1% de sacarosa, por lo cual nuestra muestra estaría compuesta por 1 g de sacarosa en 100 g de solución a 20 °C.

Por otro lado, el principal ácido orgánico en arándanos es el ácido cítrico (Smrke, 2021), que aumenta durante el desarrollo del fruto y disminuye durante los períodos de maduración tardía y postcosecha. En general se determina por titulación con NaOH (0,1 N) hasta un punto final de pH de 8,2. Debido a la mayor complejidad de este último análisis, en el mercado es posible encontrar instrumentos digitales con mayor facilidad de implementación y a un precio accesible. En general, es una medición no ampliamente realizada por productores y exportadores, pero que cobra importancia bajo condiciones de alta acidez titulable, como ocurre con algunos genotipos o zonas productoras.

Al asociar este índice de madurez con la firmeza del fruto (**Figura 2.9**), se observa que en general frutos con alta acidez presentan una mayor firmeza, efecto que está dado principalmente por el menor estado de desarrollo del fruto, donde se presentan los mayores valores de acidez. Sin embargo, lograr una mayor firmeza de la materia prima a cosecha a través de una cosecha incipiente no es viable, ya que tiene limitaciones tanto a nivel de la apariencia con un menor nivel de cubrimiento, así como un desbalance en la relación SST/AT, discutida a continuación. Por otro lado, es esperable que frutos que lograron un color azul de cubrimiento, y sigan aún en el arbusto presentarán tanto una baja en acidez como una menor firmeza por el avance de madurez ya descrito.

Por la asociación de los SST y AT con la madurez del fruto, una adecuada relación entre ambos ha sido asociada con la calidad de guarda para resistir transporte a grandes distancias, pero además es un indicador de calidad a considerar en el arándano, ya que como consumidores buscamos un fruto dulce que además tenga la acidez característica del género *Vaccinium*.

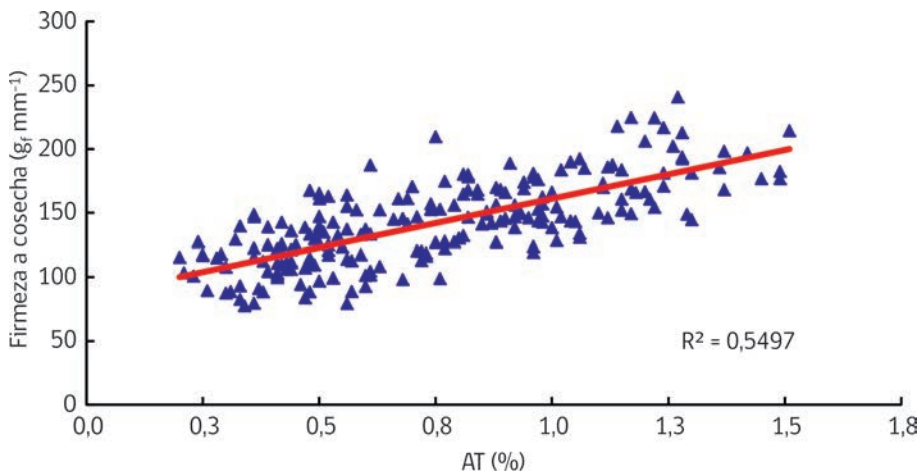


Figura 2.9. Acidez titulable y firmeza de frutos a cosecha en la variedad Cargo, temporada 2020–2021. Comuna de Freire, Región de La Araucanía.

En relación a la calidad de guarda de los arándanos, en la literatura se distinguen 3 categorías (Galletta *et al.*, 1971): (i) valores menores a 18 indican una buena calidad de guarda, (ii) Valores entre 18 y 32 indican una calidad media de guarda y (iii) valores mayores a 32 indican calidad de guarda baja. Sin embargo, dada la existencia actual de un gran número de variedades y la incorporación de nuevas zonas agro climáticas más cálidas, como la Macrozona Norte de Chile, Perú y México, es necesario revisar estos parámetros asociados a un tema tan importante como es la duración de la vida útil de la fruta.

Al analizar la relación entre SST/AT y la firmeza de la fruta a cosecha, es esperable por lo ya discutido, que a medida que tenemos una mayor relación SST/AT tendremos una menor firmeza de la fruta a cosecha (**Figura 2.10**).

Cabe destacar que, dentro del gran abanico de variedades cultivadas, se ha sugerido que la relación sólidos solubles totales/acidez titulable es importante para definir las diferencias de calidad entre estas. En este sentido hay variedades con una mayor acidez total que otros, por tanto, para ser usado como índice de madurez, este depende en cierto punto de la variedad cultivada.

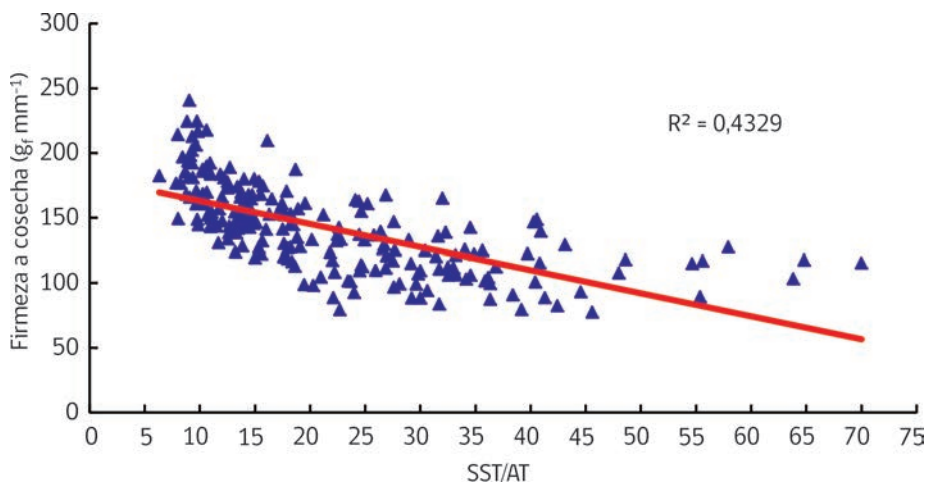


Figura 2.10. Firmeza a cosecha y relación sólidos solubles totales/acidez titulable en variedad Cargo, cosechadas desde Freire, Región de La Araucanía, Temporada 2020-2021 .

2.1.6 Materia seca

La materia seca (MS) de la fruta es el resultado de la acumulación de carbohidratos, almidones, azúcares, aceites, proteínas, antioxidantes, vitaminas, minerales, fibra, lípidos, compuestos volátiles, etc., junto con una acumulación de carbohidratos estructurales como la fibra y la piel. En algunas especies frutales se ha encontrado que el contenido de MS está asociado a la calidad de frutos en cosecha y postcosecha; como por ejemplo en manzana, kiwis y palta. Como referencia, el porcentaje o contenido de MS promedio reportado para frutos de las principales especies frutales de interés para Chile y países del hemisferio sur es 14,4% en manzana, 12,5% en ciruela, 16,0% en kiwi, 13,8% en cereza, y 19,7% en uva de mesa (Tagliavini *et al.*, 2000). En un estudio donde se determinó la MS de frutos de arándano de las variedades Ochlockonee, Brightwell, Aurora y Liberty, y los valores fluctuaron entre 13,9% y 21,0% (Hirzel *et al.*, 2018). Sin embargo en esta especie no se han encontrado correlaciones positivas entre la MS y la calidad en postcosecha, por lo cual es un parámetro que no se suele usar generalmente para estimación de vida útil.

La determinación de materia seca se realiza registrando el peso fresco de los frutos de una muestra en una balanza digital para luego secar la muestra a una temperatura de 65 °C por un periodo de 72 h, en un horno de secado. Una vez que las muestras están secas, se determina su peso seco. El contenido de MS en frutos se determina como la relación porcentual entre peso seco y peso húmedo. Hoy además existen instrumentos para medir en campo, estos se basan en la espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR) de manera que no es necesario la destrucción de la muestra. Estos instrumentos son comúnmente usados en paltas.

2.2. Comentarios finales

A diferencia de los índices de madurez, los índices de cosecha son fácilmente observables y se emplean en campo. Estos se utilizan como la principal indicación para los cosecheros a la hora de recolectar la fruta. Si bien existen varios índices de madurez, estos no siempre son un índice de cosecha ideal, debido a que en su mayoría son índices destructivos, lo que no permite evaluar la suficiente cantidad de frutos para realizar la cosecha. Si bien la firmeza es un buen índice de madurez, no es un buen índice de cosecha, debido a que no se puede dar como indicación que se cosechen frutos firmes, ya que esto significa manipular las bayas del racimo hasta encontrar la firmeza adecuada, lo que provocaría consecuencias como la pérdida de "*bloom*", y de paso este seguimiento al tacto sería subjetivo.

Si bien el arándano tiene más de un índice para determinar madurez, sólo el color es el índice de cosecha utilizado, donde la baya pasa de color verde a rosado para que luego el color azul tome su protagonismo (25% cobertura azul, 75% cobertura azul hasta lograr un 100% de cobertura azul). El problema de cosechar por color, se genera cuando se alcanza en su totalidad el color azul, ya que cuando se recolectan frutos, no es posible observar diferencias (determinado visual o instrumentalmente) en frutos que recién alcanzaron el color azul con otros que llevan más días residiendo en el arbusto. Por lo tanto, luego del 100% de cobertura azul, este índice de madurez no cumple con las características que debe tener un índice de cosecha ideal. Al enfrentar una cosecha, es común observar variabilidad en las bayas en firmeza y apariencia interna. Este problema hace necesario buscar otro índice de cosecha que pueda complementar el color y que ayude a cosechar fruta en el momento de máxima calidad.

En este sentido, los estudios que han llevado a cabo el equipo de INIA promueven el uso de la apariencia de pulpa como una herramienta predictiva que puede acompañar el uso del color. Como ya se mencionó, la apariencia de pulpa por una parte permitirá decidir el momento oportuno para la cosecha con máxima calidad o en el caso de tener un gran porcentaje de sobremadurez optar por una cosecha mecanizada si es viable. En el primer caso permitirá además elegir la mejor alternativa de destino. En consecuencia, la decisión de cuándo cosechar la puede tomar el productor, mientras que la selección del color recaerá en el cosechador.

2.3. Referencias

- Ballinger, W., Kushmann, L., Hammann, D., 1973. Factors affecting the firmness of highbush blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98, 583-587
- Gough, R.E., 1994. *The Highbush Blueberry and Its Management*. US, New York, Binghamton, Food Product Press, 267
- Galletta, G., Ballinger, W., Monroe, R., Kushman, L., 1971. Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality, *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 86, 758-762.
- Hirzel, J., Rojas, J., Sepúlveda, D., Rojas, S., Radrigán, R., 2018. ¿Existe relación entre firmeza y contenido de materia seca en frutos de arándano?. *Ciencias Agronómicas - Revista XXXII*. 020 - 025
- Kader, A.A., 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, California.
- Moggia, C., Graell, J., Lara, I., Schmeda-Hirschmann, G., Thomas-Valdés, S., Lobos, G.A., 2016. Fruit characteristics and cuticle triterpenes as related to postharvest quality of highbush blueberries. *Scientia Horticulturae*. 211, 449-457. doi: 10.1016/j.scienta.2016.09.018.
- Retamales, J.B., Hancock, J.F., 2018. *Blueberries*, 2nd Edition. *Crop Production Science in Horticulture Series*, 28. CABI. Boston. Chapter 9: Pre- and postharvest management of fruit quality. 343-347.

- Smrke, T., Veberic, R., Hudina, M., Stamic, D., Jakopic, J., 2021. Comparison of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) under ridge and pot Production. Agriculture. 11, 929. <https://doi.org/10.3390/agriculture11100929>
- Shoemaker, J., 1978. Small Fruit Culture. 5th ed. Westport: The AVI Publishing Co. Ltd. 357.
- Tagliavini M., Zavalloni C., Rombolà A.D., Quartieri M., Malaguti D., Mazzantini F., Millard, P., Marangoni, B., 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. Acta Horticulturae, 512, 131-140.
- Vargas A., Perez J., Zoffoli J.P., Perez A., 2000. Evolución de la textura de bayas de uva del cv. Thompson Seedless. Cien. Inv. Agr., Vol. 27, 117-126
- Vargas, G., Soto, R., Rodríguez, M.T., 2002. Análisis preliminar de antocianinas en fruto de icaco (*Chrysobalanus icaco* L.). Revista Fitotecnia Mexicana, 25, 261-264.
- Zapata, L.M., Malleret, A.D., Quinteros, C.F., Lesa, C.E., Vuarant, C.O., Rivadeneira, M.F., Gerard, J.A., 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. Ciencia, Docencia y Tecnología, XXI(41),159-171. [fecha de Consulta 11 de Octubre de 2022]. ISSN: 0327-5566. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335008>