

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA



**INCIDENCIA DE DIFERENTES FUENTES DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y
CONDICIÓN DE FRUTOS DE ARÁNDANOS (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)**

CV. DUKE

POR

CATALINA JAVIERA BUSTOS GUÍÑEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA FA-
CULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNI-
VERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO.**

CHILLÁN – CHILE
2023

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA

**INCIDENCIA DE DIFERENTES FUENTES DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y
CONDICIÓN DE FRUTOS DE ARÁNDANOS (*VACCINIUM CORYMBOSUM* L.)**

CV. DUKE

POR

CATALINA JAVIERA BUSTOS GUÍÑEZ

**MEMORIA PRESENTADA A LA FA-
CULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNI-
VERSIDAD DE CONCEPCIÓN PARA
OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÓNOMO.**

CHILLÁN – CHILE
2023

Aprobada por:

Profesor Titular, Iván Vidal P.
Ing. Agrónomo, D. Cs.

Guía

Profesor Asistente, Manuel Faúndez S.
Ing. Agrónomo, Mg. Adm. Y Ec. De Empresas

Asesor

Profesor Asistente, Pablo Muñoz V.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Asesor

Profesor Asociado, Guillermo Wells M.
Ing. Agrónomo, Mg. Cs.

Decano

TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Resumen	1
Summary	1
Introducción	2
Materiales y Métodos	5
Resultados y Discusión	9
Conclusiones	15
Referencias	15

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

		Página
Tabla 1	Identificación de los tratamientos de fuentes y formas de aplicación de calcio en arándanos cv. Duke	7
Tabla 2	Efecto de la fertilización cálcica sobre la firmeza en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C	9
Tabla 3	Efecto de la aplicación de calcio sobre el diámetro ecuatorial en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C	11
Tabla 4	Efecto de la aplicación de calcio sobre el peso del fruto de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C	12
Tabla 5	Efecto de la aplicación de calcio sobre los sólidos solubles en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C	13
Tabla 6	Efecto de la aplicación de calcio sobre la acidez en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C	14

INCIDENCIA DE DIFERENTES FUENTES DE CALCIO SOBRE LA CALIDAD Y CONDICIÓN DE FRUTOS DE ARÁNDANOS (VACCINIUM CORYMBOSUM L.) CV. DUKE.

QUALITY AND CONDITION OF BLUEBERRY FRUITS CV. DUKE WITH DIFFERENT SOURCES OF CALCIUM

Palabras índice adicionales: Arándano alto, Calcio, calidad de fruta, fertilización.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la calidad y condición de la fruta tratada con distintas fuentes de calcio se llevó a cabo un ensayo en un huerto de nueve años del cultivar Duke, ubicado la Estación Experimental de la Universidad de Concepción, sede Chillán, Región de Ñuble. El diseño experimental correspondió a bloques completamente al azar y contempló la aplicación de cuatro tratamientos con tres repeticiones. Cada unidad experimental consistió en dos plantas. Los tratamientos aplicados fueron, los siguientes: (I) Control: (II) Yeso al suelo en dosis de 1.000 Kg ha⁻¹; (III) Calciroot por fertirriego en seis aplicaciones de 8 L ha⁻¹ cada una, y (IV) Defender Ca foliar en seis aplicaciones de 280 cc ha⁻¹ cada una. Se realizaron tres evaluaciones en cada tratamiento a los cero, 30 y 45 días postcosecha, donde se midió firmeza de fruto, diámetro ecuatorial, peso de fruto, sólidos solubles, acidez y calcio ligado. A partir de los resultados obtenidos se pudo concluir que la aplicación de yeso al suelo y Calciroot por fertirriego, permitieron incrementar significativamente la firmeza del fruto por un periodo de 30 días después de cosecha. En tanto, el producto Defender Calcio vía foliar no incidió en esta variable. El resto de las evaluaciones como diámetro ecuatorial, peso fruto, sólidos solubles, acidez y calcio ligado en los frutos, no fueron afectados por los tratamientos aplicados.

SUMMARY

In order to evaluate the quality and condition of the fruit treated with different sources of calcium, a trial is carried out in a nine-year-old orchard of the Duke cultivar, located

at the Experimental Station of the University of Concepción, Chillán campus, Ñuble Region. The experimental design corresponded to completely randomized blocks and contemplated the application of four treatments with three repetitions. Each experimental unit consisted of two plants. The treatments applied were the following: (I) Control: (II) Gypsum to the soil in doses of 1,000 Kg ha⁻¹; (III) Calciroot by fertigation in six applications of 8 L ha⁻¹, and (IV) Defender Ca foliar in six applications of 280 cc ha⁻¹ each. Three evaluations were carried out in each treatment at zero, 30 and 45 days postharvest, where fruit firmness, equatorial diameter, fruit weight, soluble solids, acidity and bound calcium were measured. From the results obtained, it was possible to conclude that the application of gypsum to the soil and Calciroot by fertigation, allowed to significantly increase the firmness of the fruit for a period of 30 days after harvest. Meanwhile, the product Defender Calcio via foliar did not affect this variable. The rest of the evaluations such as equatorial diameter, fruit weight, soluble solids, acidity and calcium bound in the fruits, were not affected by the applied treatments.

INTRODUCCIÓN

El arándano pertenece a la familia Ericaceae y al género *Vaccinium* dentro del cual se destacan tres especies: arándano de arbusto alto (*Vaccinium corymbosum* L.), arándano ojo de conejo (*Vaccinium virgatum*) y arándano de arbusto bajo (*Vaccinium angustifolium*), este género es originario de la costa Este de América del Norte; sin embargo, también se cultiva en Europa, Asia, América Central y América del Sur (Leiva *et al.*, 2017).

La especie más plantada en el mundo es la de arbusto alto cuyo nombre en inglés es “Highbush”, esta se divide en dos grupos, identificadas como “Southern Highbush” y “Northern Highbush”. Según INIA (2017) estos grupos se diferencian por el clima en donde se desarrollan, siendo la “Northern Highbush” la que requiere más horas de frío durante el periodo de receso invernal y la “Southern Highbush” requiere menos horas de frío durante este mismo periodo. Ambos grupos, cuentan con diferentes variedades, dentro de las “Southern Highbush” encontramos las variedades Legacy, Jewel, O’neal, etc. y dentro de las “Northern Highbush” están las variedades Elliot, Brigitta, Duke, entre otras.

En Chile hay alrededor de 17.821 Ha. plantadas con arándanos (ODEPA, 2022), las variedades más cultivadas según Larrañaga y Osoro (2019) son Duke (33,1 %), Legacy (32,9 %), Brigitta (20,5 %) y Brightwell (13,6 %).

La variedad Duke, quien tiene la mayor participación en los cultivos de Chile, con 3.000 Ha. plantadas aproximadamente (ODEPA, 2022), se caracteriza por ser una variedad autofértil, muy productiva, de floración tardía, cuya producción es semitemprana y concentrada y con una de las mejores calidades de poscosecha. El fruto de esta variedad tiene las siguientes características: es firme, de buen calibre y uniforme (INIA, 2017).

Según Simfruit (2021), la exportación de arándanos a nivel global ha tenido una tasa de crecimiento anual compuesta de 11 % en estos últimos diez años. Chile representa el 30 % de la exportación de arándano fresco al mundo, ubicándose como el segundo más grande exportador en este producto (RedAgrícola, 2022). Es así que, según ODEPA (2022), las exportaciones de frutas frescas en Chile para el año 2022 superan los 2,77 millones de toneladas, un 0,3 % más respecto a las toneladas exportadas en el 2021; dentro de las frutas frescas más exportadas en el 2022, la uva y manzana ocupan los primeros lugares con 21,9 % y 21,8 % respectivamente; siguiéndolas las cerezas con 14 %, ciruelas con 6 %, kiwis y nueces de nogal con 5 % cada una y las peras, paltas y arándanos con un 4 % respectivamente, teniendo las demás frutas frescas una representación menor o igual al 3 %.

Los mayores mercados de arándanos frescos chilenos en enero de 2022 fueron Estados Unidos, Países Bajos y China, con un 43,29 %, 28,44 %, 7,96 % de participación respectivamente de los berries exportados (Blueberries, 2022).

Después de la cosecha, el arándano tiende a ser muy perecible, ya que al ser un fruto fresco, está expuesto a sufrir pudriciones, deshidratación, pérdida de firmeza, desarrollo de desórdenes fisiológicos y pérdida de calidad sensorial; los cuales son las principales causas de su deterioro (INIA, 2017).

Según Lobos *et al.* (2011), los estándares de calidad del fruto del arándano que requieren los países importadores se han incrementado, esto debido al aumento de oferta exportable en los últimos años. Debido a ello, los países que se encargan de la exportación de este producto se ven obligados a mejorar la calidad del mismo para no perder su participación en el mercado.

Existen dos parámetros importantes que son la calidad y condición del fruto. Respecto al primer parámetro, se hace referencia a aquellas características del producto que no cambian con el tiempo, como calibre y forma; mientras que la condición, se refiere a aquellos atributos del producto que sí cambian con el tiempo, como la firmeza y deshidratación. La firmeza, es una característica que permite estimar el tiempo de duración (percecibilidad) de la fruta después de la cosecha (Chilean Blueberry Committee y ASOEX, 2019).

Es por ello que los frutos con mejor condición tienen mayor resistencia a la manipulación propia del proceso de cosecha y poscosecha, por lo que son más valorados en su selección para el mercado de exportación.

La firmeza y condición crocante del arándano son características que se relacionan, en un principio, con la variedad del fruto, pero también se pueden asociar con el manejo productivo, manipulación durante la cosecha y conservación en la poscosecha del fruto (Callejas *et al.*, 2011).

Respecto al manejo productivo, uno de los factores más importantes a considerar es el conocimiento respecto a los nutrientes que recibe la planta y los frutos, así como el rol que cumple cada uno para evitar problemas de inhibición, deficiencias, excesos o competencia entre ellos, los cuales impactan en la calidad y condición de la fruta durante la poscosecha (Retamales, 2019).

El calcio es el macronutriente que permite retrasar tanto la maduración como la senescencia del fruto, debido a que regula la respiración celular y disminuye la producción de etileno, permitiendo que este conserve sus características durante un período más largo de tiempo (Isla, 2006).

Además, Del Solar *et al.* (2000) afirman que el calcio constituye la lámina media y la pared celular del fruto, lo cual es esencial para mantener la integridad estructural tanto de las membranas como de las paredes celulares. Los bajos niveles de calcio provoca, en los frutos, una menor firmeza haciéndolo más susceptible a deteriorarse; esto debido a que las membranas se vuelvan débiles y el enlace de calcio con pectina en la lámina media se vea afectado. El calcio tiene como característica su poca movilidad, debido a que este macronutriente se absorbe por las raíces jóvenes vía apoplasto y se mueve en forma ascendente con el flujo de transpiración

vía xilema; es por ello que se encuentran concentraciones considerablemente más bajas en el fruto, respecto a otras estructuras de la planta, como hojas, debido a su menor tasa de transpiración.

Debido a la importancia de la calidad y condición de la fruta para ser exportada y la relación que existe entre la condición de la fruta y el Calcio, se planteó evaluar el efecto de diferentes formas y fuentes de aplicación de calcio sobre la calidad y la condición de frutos de arándano cultivar Duke.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la temporada de cosecha 2018 - 2019, en la Estación Experimental El Nogal, perteneciente a la Universidad de Concepción ubicada en la comuna de Chillán, coordenadas 36°36'21" S; 72°06'13" O., a 124 m sobre el nivel del mar, en un huerto de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivar "Duke", con plantas de nueve años, de origen meristemático, establecido con un marco de plantación de 3 x 1 m, con un sistema de riego por goteo, con una línea de goteros distanciados a 1 m con caudal de 2 L hr⁻¹.

El suelo del huerto pertenece a la serie Arrayán, clasificado como Medial, Termic Typic Melanoxerands, desarrollado a partir de cenizas volcánicas recientes, de topografía plana con pendientes simples de 0 – 1 %, con buen drenaje y porosidad, con texturas medias dominando la clase textural franco limosa (Stolpe, 2006).

Se realizó un análisis de suelo donde la caracterización indicó un pH de 6,18 y un valor de materia orgánica de 6,07 %, además, 65,8 mg Kg⁻¹ de N disponible, 18,0 mg kg⁻¹ de Fósforo Olsen, 814,7 mg kg⁻¹ de K disponible y 9,72 cmol kg⁻¹ de Ca intercambiable. Todos los microelementos se encontraron en un nivel óptimo. El análisis de suelo se encuentra en los niveles adecuados para el arándano.

La fertilización del huerto contempló aporte de nitrógeno, potasio, fósforo y magnesio, en dosis: 70 kg ha⁻¹ de N (urea), 100 kg ha⁻¹ de K₂O (sulfato de potasio), 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (fosfato monoamónico) y 15 kg ha⁻¹ de MgO (sulfato de magnesio).

La suplementación hídrica se llevó a cabo mediante un sistema de riego por goteo con una línea de goteros de 2 L h⁻¹, con un criterio de reposición del 66 % de la evapotranspiración diaria, medida con un evaporímetro de bandeja (Ferreyra, 2017), ubicado en el huerto, totalizando una aplicación de 4.500 m³ ha⁻¹ en la temporada.

El control de malezas se realizó con aplicaciones de herbicidas residuales Oxyfluorfen + Pendimetalin durante el receso invernal. Además de aplicación de herbicidas de contacto (Paraquat) y herbicidas sistémicos (Glifosato).

El diseño experimental empleado correspondió a bloques completamente al azar y contempló la aplicación de cuatro tratamientos con tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental consistió en dos plantas.

A los datos obtenidos se les determinó los supuestos del ANOVA, es decir, normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks modificado y la homocedasticidad se determinó con la prueba de Levene. Cumpliendo los supuestos, se analizaron mediante un ANOVA y de existir diferencias significativas ($p < 0,05$), las medias se compararon mediante la prueba LSD de Fisher. Los tratamientos se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación de los tratamientos de fuentes y formas de aplicación de calcio en arándanos cv. Duke.

Tratamiento	Descripción	Dosis Producto	Dosis Ca (Kg ha ⁻¹)
I	Control	-	-
II	Yeso al suelo	1.000 Kg ha ⁻¹	230,0
III	Calciroot por fertirriego	6 aplicaciones de 8 L ha ⁻¹	16,8
IV	Defender Ca foliar	6 aplicaciones de 280 cc ha ⁻¹	0,6

Como muestra la Tabla 1, en los tratamientos II, III y IV se utilizaron diferentes fertilizantes con el fin de aportar calcio a la planta. Estos productos pertenecen a distintas clases de uso. En el caso del yeso al suelo, se utilizó el producto llamado Fertiyeso, es un sulfato de Calcio que en su composición contiene un 23 - 24 % de Oxido de Calcio (CaO), este Calcio se entrega en forma de catión (Ca⁺⁺) que es la forma en que este nutriente es asimilado por las plantas. Calciroot es un producto de uso radicular, está elaborado a base de ácidos carboxílicos que en conjunto con el Calcio forman parte de los carboxilatos en solución, producto administrado vía fertirriego permitiendo el aporte de Calcio al suelo y a las plantas. Mientras que Defender Ca pertenece al grupo de fertilizantes foliares, corrector nutricional en

base a Calcio complejado con L-aminoácidos libres específicos que garantizan entregar de forma rápida el calcio a los tejidos demandantes.

La aplicación del Fertiyeso en el tratamiento II fue realizada el 19 de agosto del 2018, en estado de yema hinchada. El Calciroot del tratamiento III se aplicó en seis oportunidades, partiendo el nueve de octubre, luego el 22 de octubre, tres, 15 y 23 de noviembre y tres de diciembre del año 2018. El Defender Ca del tratamiento IV se aplicó en seis oportunidades, empezando el 19 de octubre, 29 de octubre, nueve, 19 y 26 de noviembre y seis de diciembre del 2018.

Las evaluaciones se realizaron en el Laboratorio de Berries ubicado en el edificio Proplant, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción, Campus Chillán, en la Región de Ñuble.

La cosecha fue efectuada entre las semanas 47 a 49, almacenando la fruta en cámaras de frío, para luego realizar las evaluaciones de calidad y condición a los días cero, 30 y 45 posteriores a la cosecha. Los parámetros medidos fueron los siguientes:

- Firmeza (mg mm^{-1}). Para este procedimiento se utilizó el equipo FirmTech II – Bio Works, considerando 25 frutos por cada repetición, empleando la metodología de Ehlenfeldt *et al.* (2002) y Saftner *et al.* (2008).
- Diámetro ecuatorial (mm). Se midió utilizando una regla de Vernier digital expresando su resultado en milímetros, para una muestra representativa de 25 frutos por repetición.
- Peso promedio de frutos (g). Se determinó pesando 25 frutos escogidos al azar en una balanza digital por cada repetición para luego calcular el promedio de peso por fruto.
- Sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$). Hace referencia a aquellos componentes solubles en agua, en el caso del jugo de frutas, los sólidos solubles están constituidos principalmente por azúcares tales como glucosa, fructosa y sacarosa y en menor grado por ácidos orgánicos, sustancias pépticas.

Este parámetro aumenta en forma gradual durante la maduración de los frutos debido a la acumulación de azúcares.

El contenido de sólidos solubles se midió con un refractómetro digital HANNA modelo HI 96800 que expresa su resultado en $^{\circ}\text{Brix}$.

- Acidez titulable (%). indica el porcentaje de ácidos orgánicos contenido en el jugo de la fruta. Se determina por titulación con una base fuerte de concentración conocida, generalmente, NaOH 0.1 N y se expresa en porcentaje (%) de ácido orgánico predominante (Lizama, 1992). Para este procedimiento se utilizó 10 ml de jugo de fruta de arándanos por cada repetición diluido en 150 ml de agua desionizada. Se midió por titulación con solución NaOH 0,1 N hasta pH 8,1 - 8,3 con peachímetro marca BANTE modelo PHS-3BW y se expresó como porcentaje de ácido cítrico. La acidez del producto se expresa como el porcentaje de peso del ácido que se encuentra en la muestra. El cálculo de la acidez titulable se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Ácido cítrico (\%)} = \frac{\text{Gasto de NaOH (ml)} * \text{Concentración de NaOH} * 0,064 * 100}{\text{Volúmen de muestra (ml)}}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Firmeza

Tabla 2. Efecto de la fertilización cálcica sobre la firmeza en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C.

Tratamiento	Descripción	Firmeza (mg mm ⁻¹)		
		Tiempo de Almacenaje		
		0 días	30 días	45 días
I	Control	187,6 a	144,1 c	122,4 b
II	Yeso al suelo	198,5 a	161,4 a	127,5 ab
III	Calciroot por fertirriego	189,5 a	157,6 ab	137,1 a
IV	Defender Ca foliar	185,5 a	149,9 bc	133,0 a

Letras distintas en sentido vertical indican diferencias estadísticas significativas (p<0,05).

En las mediciones practicadas a fruta recién cosechada no se observó una respuesta significativa de los tratamientos. La mayor firmeza se obtuvo con la aplicación de Yeso al suelo, aún cuando éste no difirió estadísticamente con los demás tratamientos. A los 30 días de almacenaje se observó un deterioro de la firmeza, ya manifestándose diferencias entre los tratamientos aplicados siendo los tratamientos

II y III los con mejores resultados. A los 45 días siguió deteriorándose la firmeza siendo el tratamiento control el de menor firmeza.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se infiere que los productos Yeso al suelo y Calciroot vía fertirriego actuaron positivamente mejorando la firmeza del fruto hasta el periodo de 45 días después de cosecha.

Cabe señalar, que el atributo de calidad más importante para el arándano es la firmeza, dado que el ablandamiento excesivo postcosecha lo vuelve susceptible a desordenes fisiológicos, con consecuencias como el pardeamiento interno, daño por congelamiento y pitting (Vicente *et al.*, 2007; Angeletti *et al.*, 2010; Valdés *et al.*, 2019).

A partir de lo propuesto por diversos autores (Jarvis, 1984; Willats *et al.*, 2001, Angeletti *et al.*, 2010), el ablandamiento de la fruta se relaciona fuertemente a modificaciones en los polímeros de la pared celular, mostrando que la solubilización de la pectina aumenta en la maduración. Asimismo, la degradación de los polímeros que componen la pared celular se encuentran asociados a puentes de calcio, que promueven una menor degradación de la pectina, incidiendo en una mayor firmeza (Angeletti *et al.*, 2010), por lo que la fertilización cálcica debiese aportar positivamente a dicho atributo del fruto.

Las referencias bibliográficas respecto a la acción del calcio, son múltiples y variadas, existiendo investigaciones con resultados poco o nada significativos (Erincik *et al.*, 1998; Peryea y Neilsen, 2007) y otros que logran reforzar los resultados obtenidos, agregando que sirven para “reducir la incidencia y severidad de las enfermedades postcosecha y para prevenir el desarrollo de desórdenes fisiológicos” (Angeletti *et al.*, 2010). En términos estadísticos, los resultados se asemejan a los observados por Lobos *et al.* (2011), donde se detectan diferencias significativas con las aplicaciones de calcio en la etapa de desarrollo de frutos respecto a los testigos sin aplicar. En la literatura más reciente, Olmedo *et al.* (2021) detectaron una relación entre la concentración de calcio y la firmeza, determinando que, a mayor concentración de calcio asociado a la pared celular, se genera una mejor dinámica de pectina cálcica y hemicelulosa asociada con la firmeza.

En esa misma línea, Angeletti *et al.* (2010) determinaron que tratamientos de fertilización con calcio no modificaron el contenido de hemicelulosa, pero en algunos

casos se observó una reducción en la solubilización de los polímeros pépticos. Por otro lado, Vicente *et al.* (2007) observaron incrementos en la solubilidad de las pectinas a medida que avanza el proceso de maduración, aseverando que los efectos positivos del calcio en la firmeza de los frutos pueden ser causada por una reducción de la solubilización de la pectina, debido a la formación de puentes de calcio o a un efecto indirecto sobre la degradación de la hemicelulosa en lugar de retrasar la despolimerización de pectina.

Asimismo, Angeletti *et al.* (2010) y Montecchiarini *et al.* (2017), señalan que las variedades más firmes de arándanos poseen menor actividad residual de la enzima pectinmetilesterasa (PME) en el fruto verde respecto del maduro, mientras que, en la variedad menos firme, ocurre lo contrario. Además, en la primera hay menor contenido de xilosa libre en ambos estados, lo que evidenciaría una menor porosidad de la pared celular, y así, menor susceptibilidad a las enzimas degradativas.

Por otra parte, Stuckrath *et al.* (2008), destacan que al realizar aplicaciones foliares de calcio aproximadamente un mes antes de floración se obtienen efectos preventivos sobre la pérdida de firmeza. En general, y complementando los resultados, los tratamientos tempranos de calcio principalmente al suelo serían eficaces para minimizar el ablandamiento de los frutos.

Diámetro Ecuatorial

Tabla 3. Efecto de la aplicación de calcio sobre el diámetro ecuatorial en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C.

Tratamiento	Descripción	Diámetro Ecuatorial (mm)		
		Tiempo de Almacenaje		
		0 días	30 días	45 días
I	Control	16,4 a	16,0 a	15,8 a
II	Yeso al suelo	16,2 a	15,7 a	15,7 a
III	Calciroot por fertirriego	16,4 a	16,0 a	15,6 a
IV	Defender Ca foliar	16,3 a	16,3 a	15,9 a

Letras iguales indican que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

El diámetro ecuatorial de frutos presentó una ligera reducción en el periodo de post-cosecha, pero no se observó influencia de los tratamientos con aplicación de calcio.

Estos resultados son acordes a los obtenidos por Hanson y Berkheimer (2004), quienes no tuvieron efecto sobre el rendimiento y el tamaño del fruto.

A su vez, múltiples autores han tratado de obtener resultados concluyentes acerca de la relación entre el diámetro del fruto y su firmeza, que como bien se reconoce es el principal atributo de calidad en el arándano. Al respecto, Ballinger *et al.* (1973) identificaron que existe una relación donde a menor tamaño del fruto se percibe mayor firmeza, al igual que Callejas *et al.* (2011). No obstante, en otras especies como uva de mesa Bernstein y Lustig (1981) determinaron que la variación de la firmeza es independiente de la variación del diámetro de la baya y su tamaño no arroja diferencias significativas en cuanto a firmeza. En síntesis, existen variadas observaciones que no permiten una evidencia clara y sostenida sobre la influencia del diámetro ecuatorial del fruto en las condiciones de almacenamiento.

Peso de Fruto

Tabla 4. Efecto de la aplicación de calcio sobre el peso del fruto de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C.

Tratamiento	Descripción	Peso Fruto ⁻¹ (gr)		
		Tiempo de Almacenaje		
		0 días	30 días	45 días
I	Control	1,91 a	1,92 a	1,84 a
II	Yeso al suelo	1,86 a	1,80 a	1,81 a
III	Calciroot por fertirriego	1,88 a	1,86 a	1,77 a
IV	Defender Ca foliar	1,87 a	1,96 a	1,81 a

Letras iguales indican que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Al igual que el diámetro ecuatorial, se observó una ligera tendencia a reducirse el peso del fruto en postcosecha. No obstante, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

La pérdida de peso se debe, por un lado, a la actividad respiratoria de los frutos con la consecuente reducción en los niveles de azúcares y/o ácidos orgánicos, o bien a un proceso físico de evaporación del agua como consecuencia de la diferencia de presión de vapor entre los frutos y la presión de vapor de saturación a la temperatura de almacenamiento (Angeletti, 2009).

Los resultados obtenidos son similares a los observados por Koron *et al.* (2009), quienes no registraron diferencias significativas en el peso de los frutos al realizar aplicaciones foliares de calcio en plantas del cultivar Bluecrop comparadas con el tratamiento testigo. Por otro lado, Angeletti *et al.* (2010) observaron un incremento de la pérdida de agua en los frutos del tratamiento control comparado con aplicaciones de calcio, que afectaron la turgencia celular y redujo el peso, incidiendo negativamente en los atributos de calidad.

Sólidos Solubles

Tabla 5. Efecto de la aplicación de calcio sobre los sólidos solubles en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C.

Tratamiento	Descripción	Sólidos Solubles (°Brix)		
		Tiempo de Almacenaje		
		0 días	30 días	45 días
I	Control	12,4 a	11,9 a	12,0 a
II	Yeso al suelo	13,2 a	12,5 a	12,6 a
III	Calciroot por fertirriego	12,9 a	12,5 a	12,5 a
IV	Defender Ca foliar	13,0 a	12,7 a	13,0 a

Letras iguales indican que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

A partir de esta Tabla se infiere que esta variable no fue influenciada por los tratamientos aplicados.

Cabe señalar, que, en el caso de los arándanos, los sólidos solubles generalmente se presentan en el rango de 10 a 17 °Brix al momento de cosecha (Medel, 2002; De La Cruz *et al.*, 2019), por lo cual se deduce que este parámetro se presentó dentro de un rango normal. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Angeletti *et al.* (2009), donde no hallaron diferencias en sólidos solubles de frutos procedentes del tratamiento control con aquellos tratados con calcio.

Acidez Titulable

Cabe señalar que, la acidez y el contenido de azúcares son muy importantes a la hora de determinar la aceptabilidad en el consumo de la fruta, puesto que son responsables directos del sabor. Tal como se ha señalado precedentemente, en el presente trabajo se hallaron diferencias entre los frutos controles y los tratados con

calcio en los niveles de acidez titulable. Al respecto, Lobos *et al.* (2011) no encontraron diferencias significativas entre testigos sin aplicar y plantas tratadas con calcio en precosecha.

Tabla 6. Efecto de la aplicación de calcio sobre la acidez en frutos de arándano cv. Duke almacenados por cero, 30 y 45 días a 0 °C.

Tratamiento	Descripción	Acidez Titulable (%)		
		Tiempo de Almacenaje		
		0 días	30 días	45 días
I	Control	0,61 b	0,62 b	0,70 b
II	Yeso al suelo	0,62 b	0,69 ab	0,76 ab
III	Calciroot por fertirriego	0,70 ab	0,70 ab	0,80 ab
IV	Defender Ca foliar	0,73 a	0,78 a	0,86 a

Letras iguales indican que no se presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

En resultados obtenidos por Angeletti *et al.* (2010), obtuvieron una disminución de la acidez del fruto durante el periodo de almacenamiento, lo cual difiere de los resultados obtenidos en la presente investigación, además, en aquel trabajo se produjo un incremento del pH, pero no se identificaron diferencias significativas entre la muestra testigo y aquellas tratadas con calcio.

Mientras que en un estudio realizado por Godoy (2004) en cultivares Highbush obtuvo un aumento de acidez entre períodos de almacenamiento coincidente con los resultados expresados en este ensayo.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la presente investigación, es posible inferir las siguientes conclusiones:

- 1.- Hubo respuesta significativa en firmeza de frutos de arándano cultivar Duke a la aplicación de calcio vía suelo y vía fertirriego.
- 2.- No hubo efecto de la aplicación de calcio sobre el diámetro ecuatorial, peso por fruto y sólidos solubles en los frutos.

REFERENCIAS

1. Angeletti, P. 2009. Efecto de la fertilización cálcica sobre la calidad y vida poscosecha de arándano (*Vaccinium corymbosum*). Trabajo final de grado, Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. La Plata, Argentina.
2. Angeletti, P., H. Castagnasso, E. Miceli, L. Terminiello, A. Concellón, A. Chaves and A.R. Vicente. 2010. Effect of preharvest calcium applications on postharvest quality, softening and cell wall degradation of two blueberry (*Vaccinium corymbosum*) varieties. *Postharvest Biol. Technol.* 58(2): 98 - 103.
3. Ballinger, W., Kushmann, L., and Hammann, D. 1973. Factors Affecting the firmness of Highbush Blueberries. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98 (6): 583-587.
4. Bernstein, Z., and Lustig, I. 1981. A new method of firmness measurement of grape berries and other juicy fruits. The Jordan Valley Committee for Agricultural Experiments, Beth-Yerach, Israel. *Vitis* 20, 15 - 21 (1981).
5. Blueberries Consulting. Arándanos son la segunda fruta fresca más exportada en Chile en lo que va del 2022. Recuperado el 22 febrero 2023 de <https://blueberriesconsulting.com/arandanos-son-la-segunda-fruta-fresca-mas-exportada-en-chile-durante2022/#:~:text=Los%20mayores%20mercados%20de%20arandanos,7.96%25%20de%20los%20berry%20exportados>.
6. Callejas, R.M., M. Brayovic, C. Peppi y E. Kania. 2011. Categorías de firmeza de bayas en diferentes variedades de uva de mesa (*Vitis vinifera* L.). *Rev. Fac. Cienc. Agrar.* 43(1): 127 - 141.
7. Chilean Blueberry Committee y ASOEX (2019). Norma de calidad arándano fresco de exportación V.09. Recuperado el 17 marzo 2020 de <https://comitedearandanos.cl/wp-content/uploads/2022/04/Norma-de-Calidad-y-CondicionComite-de-Arandanos-V09-1.pdf>
8. De la Cruz, N., Irigoín, M. 2019. Influencia de la adición de cloruro de calcio y eritorbato de sodio en cubierta comestible de alginato sobre el tiempo de almacenamiento de arándanos (*Vaccinium corymbosus* L.). Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias. Lambayeque, Perú.
9. Del Solar, C., D. Depallens, L., Neubauer, U., Pizarro y J.A. Soza. 2000. Efectos de fitorreguladores, calcio, magnesio y anillado sobre la calidad y condición en uva de mesa cvs. Thompson Seedless y Red Globe. *Pharos.* 7(2): 19-41.

10. Ehlenfeldt, M., and Martin, R. 2002. A Survey of Fruit Firmness in Highbush Blueberry Cultivars. *HortScience* 37(2): 386 - 389, 2002.
11. Erincik, O.L.V., Madden, L.V., Scheerens, J.C., Ellis, M.A., 1998. Evaluation of foliar applications of calcium chloride for control of Botrytis fruit rot on strawberry and effects on strawberry fruit quality. *Adv. Straw. Res.* 17, 7–17.// Erincik, O., Madden JC., Scheerens, M. 1998. Evaluation of foliar applications of calcium chloride for control of Botrytis fruit rot on strawberry and effects on strawberry fruit quality. *Adv. Straw. Res.* 17, 7 - 17.
12. Ferreyra, R. 2017. Gestión del riego en arándano y uso de tecnología de sensores de humedad de suelo [en línea]. *Morph2o Latinoamérica*, Chile. Recuperado el 04 julio 2022 de <https://docplayer.es/92697572-Gestion-del-riego-en-aran-dano-y-uso-de-tecnologia-de-sensores-de-humedad-de-suelo-autor-rodrigo-ferreyra-m-s-morph2o-latinoamerica.html>.
13. Godoy, C. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Rev. FCA UNCuyo*. Tomo XXXVI. N°1. Año 2004. 53 - 61.
14. Hanson, E., and Berkheimer, S. 2004. Effect of soil calcium applications on blueberry yield and quality. *Small Fruits Rev.* 3(1-2): 133 - 139.
15. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2017. Boletín INIA N°6, Manual de Manejo Agronómico del Arándano. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Recuperado el 15 agosto 2018 de https://indap.gob.cl/docs/default-source/default-document-library/manualaranda_nos.pdf?sfvrsn=0.
16. Isla, M. 2006. Efecto de aspersiones de calcio y boro sobre la condición y morfología de bayas de vid “Syrah”. Memoria de título, Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.
17. Jarvis 1984. Jarvis, M.C., 1984. Structure and properties of pectin gels in plant cell walls. *Plant Cell Environ.* 7, 153 - 164.
18. Koron, D.; K. Šturm and S. Pavlin. 2009. Effects of Ca foliar fertilizers on fruit quality of highbush blueberry. *Acta Hort.* 810: 705 - 708.
19. Larrañaga, P. y Osoreo, A. 2019. Catastro frutícola principales resultados Región del Maule / Julio 2019. Publicación conjunta de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, y el Centro de Información de Recursos Naturales, CIREN.

20. Leiva, C., C. Schmidt y G. Gajardo. 2017. Manual técnico productivo y económico para la producción del arándano en la Región del Biobío bajo condición actual y clima proyectado al 2030. Publicación CIREN N° 201. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile.
21. Lizama, L. 1992. Madurez óptima y manejo de postcosecha de ciruelas japonesas para exportación. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 252 p.
22. Lobos, T., Pinilla, H., y Lobos, W. 2011. Efecto de aplicaciones de calcio en la calidad de la fruta de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. Idesia (Arica) 29(3): 59 - 64.
23. Medel 2002. Medel, F. 2002. Arbustos frutales. Universidad Austral de Chile y Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, Chile. 30 p.
24. Montecchiarini, M., Bello, F., Rivadeneira, F., Vásquez, D., Podestá, F., Tripodi, K. 2017. Factores bioquímicos y fisiológicos que diferencian tres variedades de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) con distinto grado de firmeza. Libro de Trabajos Completos I Congreso Argentino de Biología y Tecnología Poscosecha. IX Jornada Argentina de Biología y Tecnología Poscosecha. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
25. ODEPA (2022). Boletín fruta Septiembre 2022. Recuperado el 22 febrero 2023 de <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/boletines/boletin-de-fruta-septiembre-2022>
26. ODEPA (2022). Catastro frutícola CIREN – ODEPA. Recuperado el 22 febrero 2023 de <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/catastros-fruticolas/catastro-fruticola-ciren-odepa>
27. Olmedo P., B. Zepeda, B. Rojas, C. Silva-Sanzana, J. Delgado-Rioseco, K. Fernández, I. Balic, C. Arriagada, A.A. Moreno, B.G. Defilippi and R. Campos-Vargas. 2021. Cell wall calcium and hemicellulose have a role in the fruit firmness during storage of blueberry (*Vaccinium* spp.). *Plants*. 10(3): 553.
28. Peryea, F., Nielsen, G., and Faubion, D. 2007. Start-Timing for Calcium Chloride Spray Programs Influences Fruit Calcium and Bitter Pit in 'Braeburn' and 'Honeycrisp' Apples, *Journal of Plant Nutrition*, 30:8, 1213 - 1227, DOI:10.1080/01904160701555077
29. Redagráfica (2022). Las razones por las que la calidad del arándano sigue siendo clave para su exportación. Recuperado 22 febrero 2023 de <https://>

www.redagricola.com/cl/la-calidad-del-arandano-si-importa/#:~:text=Actualment e%2C%20Chile%20posee%20una%20participaci%C3%B3n,respecto%20a%20la%20temporada%20anterior.

30. Retamales, J. 2019. Manejo de la fisiología de la nutrición para una mejor vida poscosecha del arándano [en línea]. Redagrícola. Recuperado el 30 junio 2022 de <https://www.redagricola.com/cl/manejo-de-la-fisiologia-de-la-nutricion-para-una-mejor-vida-poscosecha-del-arandano/>.
31. Saftner, R., Polashock, J., Ehlenfeldt, M., and Vinyard, B. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 49 (2008) 19 - 26.
32. Simfruit (2021). Rabobank: Consumo mundial de arándanos se dispara. Recuperado el 22 mardo 2022 de <https://www.simfruit.cl/rabobank-consumo-mundial-de-arandanos-se-disparara/>
33. Stolpe, N.B. 2006. Descripciones de los principales suelos de la VIII Región de Chile. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
34. Stückrath, R.; Quevedo, R.; Fuente, L. de la; Hernández, A. y Sepúlveda, V. 2008. Effect of foliar application of calcium on the quality of blueberry fruits. *Journal of Plant Nutrition* 31(7): 1299 – 1312
35. Valdés, Y. 2019. Medición de firmeza en arándanos: validación de instrumentos medidores de firmeza de bajo costa y de la percepción táctil. Memoria de Título. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Agronomía. Talca, Chile.
36. Vicente, A., Ortugno, C., Rosli, H., Powell, A., Greve, L., and Labavitch, J. 2007. Temporal Sequence of Cell Wall Disassembly Events in Developing Fruits. 2. Analysis of Blueberry (*Vaccinium* Species). *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 55, 4125 - 4130.
37. Willats, W., McCartney, L., Mackie W., and Knox, J. 2001. Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant Molecular Biology* 47: 9 - 27.