



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**PREENFRIAMIENTO Y REFRIGERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN Y CALIDAD
DE FRUTOS DE ARÁNDANO “OJO DE CONEJO”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

GUADALUPE CARINA ROMERO MATEO

DIRECTORA DE TESIS

DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2022



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**PREENFRIAMIENTO Y REFRIGERACIÓN EN LA CONSERVACIÓN Y CALIDAD
DE FRUTOS DE ARÁNDANO “OJO DE CONEJO”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

GUADALUPE CARINA ROMERO MATEO

DIRECTORA DE TESIS

DRA. DELIA MORENO VELÁZQUEZ

ASESORES

DR. ARMANDO IBÁÑEZ MARTINEZ

DR. MARTIN CARMONA VICTORIA

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2022.

La presente tesis titulada: **Pre-enfriamiento y Refrigeración en la Conservación y Calidad de Frutos de Arándano "Ojo De Conejo"** y realizada por Guadalupe Carina Romero Mateo, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADA EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

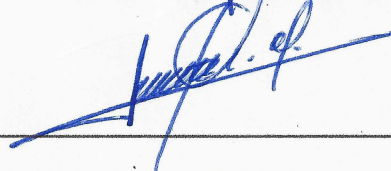
Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dra. Delia Moreno Velázquez

Moreno Velázquez Delia.

Asesor: Dr. Armando Ibáñez Martínez



Asesor: Dr. Martin Carmona Victoria



Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2022.

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado: **Manejo Integral de Cultivos Agrícolas** y de la Línea de Investigación: **Cambios Fisiológicos, Fisicoquímicos y Bioquímicos en el Manejo de Cultivos y Productos Hortícolas**. Dicho trabajo, fue financiado con recursos propios.

Dedicatorias

La presente tesis está dedicada a Dios; dedíquense a la obra del señor en todo momento, conscientes de que con él no será estéril su trabajo. Que te conceda según tus deseos y lleve a un buen fin todos tus proyectos. Gracias por permitirme llegar hasta donde estoy en estos momentos, por darme fortaleza, vida y salud para poder culminar esta etapa de mi vida.

A mi mamita Carolina Mateo Hernández por ser mi regazo todos los días y la principal razón por la que estoy cumpliendo nuestro sueño, por siempre estar presente bajo cualquier circunstancia y todo te lo debo a ti, porque siempre has luchado por tus hijos para sacarlos adelante contra todas las adversidades y es por eso que este logro también es tuyo, te amo.

A mi papá Ernesto Romero López, gracias por siempre estar a nuestro lado y sacarnos adelante, y por el amor incondicional de padre, que lo demuestra con sus nietos e hijos, es incomparable y vale mucho más que toda la fortuna del mundo.

A mis hermanos Daniel y Mireya, por el amor y el apoyo incondicional.

A mi esposo Rafael Simón Hernández, por todo lo que hemos compartido, por ser un amigo incondicional y el mejor papá para nuestra hija, nuestra motivación más grande; doy gracias a Dios por haberte puesto en mi camino y poder compartir todo esto contigo, te amo.

A mi pequeña Thania Karolyn por ser mi pedacito de cielo que siempre me da luz, en mí día a día, desde que llegaste a mi vida todo lo que hago es por ti y haber concluido esta etapa contigo es una bendición te amo, y siempre luchare por ser una mejor persona para ti.

A mi suegra Herlinda Hernández Lozada por ser una buena mamá y una abuelita muy cálida que siempre nos ha apoyado y siempre está al pendiente de nosotros muchas gracias.

A la Dra. Delia Moreno Velázquez le agradezco de corazón por el gran apoyo, la confianza, el compromiso, su paciencia y los conocimientos que compartió conmigo.

A mi Director y Profesores por todos los conocimientos que aportaron para mi formación.

A mis compañeros de la universidad por haber compartido tiempos tan lindos e inolvidables en una gran etapa de nuestras vidas.

Y a todas aquellas personas que de alguna forma estuvieron involucrados, aportando algo positivo en mi camino, gracias.

AGRADECIMIENTOS

Retribuyo mi más sincero agradecimiento a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por ser parte de su comunidad universitaria.

Especialmente al programa educativo de Ingeniería Agronómica y zootecnia, por mi formación como profesionista con la mejor educación de calidad, otorgándome grandes conocimientos universitarios y agradables recuerdos.

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias por brindarme el apoyo necesario para desarrollar mi trabajo de tesis.

Agradezco de antemano el apoyo de todo mi consejo particular por siempre estar en la mejor disposición de apoyarme para terminar con éxito mi trabajo.

Y finalmente doy gracias a todo el espacio en el cual trabaje, el campo experimental y el laboratorio de fruticultura en donde me permitió tener todas las herramientas necesarias para realizar mi experimento sin ningún problema.

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	v
I. INTRODUCCIÓN	7
II. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo general	9
2.2. Objetivos específicos.....	9
III. HIPÓTESIS.....	10
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
4.1. Historia del arándano.....	11
4.2. Importancia económica en México.....	11
4.3. Clasificación taxonómica del arándano.....	12
4.4. Variedades comerciales	12
4.4.1 Arándano alto del norte (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	13
4.4.2. Arándano alto del sur (híbridos de <i>Vaccinium corymbosum</i> L)	13
4.4.3.Arándanos Ojo de conejo (<i>Vaccinium ashei</i>).	13
4.4.4. Los arándanos bajos (<i>Vaccinium angustifolium</i>)	14
4.5. Descripción botánica	14
4.5.1. Raíces.	15
4.5.2. Tallo.....	15
4.5.3. Yemas vegetativas.	15
4.5.4. Hojas.....	15

4.5.6. Flores.....	15
4.5.7. Yemas florales.....	16
4.5.8. Fruta.....	16
4.6. Composición química del arándano	16
4.6.1. Pigmentos fenólicos.....	17
4.6.2. Nutraceuticos	18
4.6.3. Capacidad antioxidante de los arándanos	19
4.7. Cosecha.....	19
4.7.1. Proceso de maduración del arándano	20
4.8. Manejo postcosecha.....	20
4.8.1. Preenfriamiento	21
4.8.2. Métodos de preenfriamiento.....	21
4.8.3. Enfriamiento durante el almacenaje	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS	24
5.1. Localización del experimento.....	24
5.2. Material vegetal	24
5.3. Diseño experimental y distribución de los tratamientos.....	25
5.4. Variables a evaluar	26
5.4.1. Peso fresco.....	26
5.4.2. Diámetro polar.....	26
5.4.3. Diámetro ecuatorial	26
5.4.4. Porcentaje de humedad.....	27
5.4.5. Firmeza	27
5.4.6. Color	27
5.5. Variables químicas	27
5.5.1. Sólidos solubles totales.....	27

5.5.2. pH	27
5.5.3. Porcentaje de acidez	28
5.5.4. Contenido de antocianinas.....	28
5.5.5. Contenido de fenoles totales.....	29
5.6. Análisis estadístico	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
6.1. Peso fresco	30
6.2. Diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma	32
6.3. Humedad.....	34
6. 4. Firmeza	375
6. 5. Color	37
6.6. Sólidos solubles totales.....	39
6.7. pH	42
6.8. Acidez titulable.....	44
6.9. Antocianinas	477
6.10. Fenoles totales	50
VII. CONCLUSIONES	52
VIII. LITERATURA CITADA	53
IX. ANEXOS	62

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Propiedades nutricionales del arándano fresco en 100g.....	17
Cuadro 2. Principales antocianinas en el arándano.....	18
Cuadro 3. Nutraceuticos más comunes.....	19
Cuadro 4. Peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20°C).....	30
Cuadro 5. Peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma en frutos de arándano “ojo de conejo” con y sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración por 4 semanas.....	33
Cuadro 6. Humedad, firmeza, sólidos solubles totales y pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con y sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20°C).....	35
Cuadro 7. Humedad, firmeza, sólidos solubles totales y pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración por 4 semanas.....	36
Cuadro 8. Sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).....	40

Cuadro 9. Sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en frutos

de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento

almacenados a temperatura de refrigeración.....41

Cuadro 10. Contenido de antocianinas y fenoles totales en frutos

de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento,

almacenados a temperatura ambiente (20 °C).....48

Cuadro 11. Contenido de antocianinas y fenoles totales en frutos

de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento,

almacenados en refrigeración.....49

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Producción del cultivo de arándano en México.....	12
Figura 2. Frutos de distintas variedades.....	12
Figura 3. Planta de arándano.....	13
Figura 4. Localización del campo experimental, San Juan Acateno, Teziutlan, Pue.....	24
Figura 5. Arbustos de arándano azul variedad “ojo de conejo”	25
Figura 6. Pérdida de peso en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).....	31
Figura 7. Frutos de arándano “ojo de conejo” almacenados, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C)	31
Figura 8. Contenido de humedad (%) en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	36
Figura 9. Contenido de humedad en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados durante cuatro semanas en refrigeración.....	37
Figura 10. Color (H) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento y refrigerados	39

Figura 11. Sólidos solubles totales (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	42
Figura 12. Cambios de pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente.....	43
Figura 13. Cambios de pH de frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	44
Figura 14. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente.....	45
Figura 15. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración	46
Figura 16. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	46
Figura 17. Contenido de antocianinas en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	50
Figura 18. Contenido de fenoles totales de frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.....	51

RESUMEN

En la región de Teziutlán, Puebla, se ha destacado muy rápido la producción del fruto de arándano y es consumido de manera aceptable por la sociedad, por lo que se busca encontrar excelentes parámetros de conservación. El objetivo del trabajo de investigación fue evaluar la calidad y vida anaquel de los frutos de arándano “ojo de conejo” cosechados en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Se cosecharon 4 500 frutos, libres de defectos y color homogéneo, se evaluaron las siguientes variables, peso, diámetro polar y ecuatorial, porcentaje de humedad, color, firmeza, sólidos solubles totales, pH, porcentaje de acidez, antocianinas y fenoles totales. El diseño estadístico fue un completamente al azar con arreglo factorial 3x3, con los factores, sin preenfriar, preenfriamiento con agua fría y preenfriamiento con hielo molido; y los niveles, temperatura de almacenamiento a 20°C, 7°C y 4°C; con un total de nueve tratamientos, cuatro repeticiones y 10 frutos como unidad experimental. Las variables, peso, diámetro polar, forma, sólidos solubles totales y fenoles se afectaron con el tipo de preenfriamiento utilizado; así como de la temperatura y tiempo de almacenamiento. La temperatura de refrigeración, conserva la calidad y alarga la vida de anaquel de los frutos arándano “ojo de conejo”. El preenfriamiento con hielo molido, coadyuva a mantener la calidad por un corto período de tiempo en los frutos almacenados a temperatura ambiente.

Palabras clave: *Vaccinium ashei* Reade, peso, sólidos solubles totales, antocianinas, fenoles.

ABSTRACT

In the region of Teziutlán, Puebla, the production of the blueberry fruit has stood out very quickly and it is consumed in an acceptable way by society, for which reason it is sought to find excellent conservation parameters. The objective of the research work was to evaluate the quality and shelf life of "rabbiteye" blueberry fruits harvested at the Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, of the Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. There were harvested 4 500 fruits, free of defects and homogeneous color, the following variables were evaluated: weight, polar and equatorial diameter, moisture percentage, color, firmness, total soluble solids, pH, acidity percentage, anthocyanins and total phenols. The statistical design was completely randomized with a 3x3 factorial arrangement, with the factors, without pre-cooling, pre-cooling with cold water and pre-cooling with crushed ice; and levels, storage temperature at 20°C, 7°C y 4°C; with a total of nine treatments, four repetitions and ten fruits as an experimental unit. The variables, weight, polar diameter, shape, total soluble solids and phenols were affected by the type of pre-cooling used; as well as the temperature and storage time. The refrigeration temperature preserves the quality and lengthens the shelf life of the blueberry fruits of the rabbiteye variety. Pre-cooling with crushed ice helps to maintain quality for a short period of time in fruits stored at room temperature.

Keywords: *Vaccinium ashei* Reade, weight, total soluble solids, anthocyanins, phenols.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente el consumidor considera la importancia de una buena alimentación, y busca nuevas alternativas en el consumo de comida saludable con calidad; y el consumo de frutas frescas no es la excepción. Los arándanos son importantes por el alto contenido de antioxidantes que benefician de forma natural la salud, los cuales, son responsables de proteger contra el estrés oxidativo, por lo que su consumo se relaciona con el retraso en la aparición de ciertas enfermedades crónicas (Feng *et al.*, 2016).

México ocupa el tercer lugar mundial como productor de arándano y la mayor producción se concentra en los estados de Jalisco, Colima, Baja California, Michoacán y Puebla (SIAP, 2017). En el estado de Puebla, la variedad *Vaccinium ashei* (ojo de conejo) es la predominante (Retamatales y Hancock, 2012), representando Zacatlán, Huachinango y Hueyapan los municipios con mayor producción (SIAP, 2017).

Godoy (2004) señala que el arándano es una fruta altamente perecedera, y se recomienda cosecharla cuando alcanza el 100 % de coloración azul (Pino, 2007), a pesar de ser clasificada como fruta climatérica (Huynh *et al.*, 2019); existiendo diferencias entre cultivares en su vida de almacenamiento (Eccher *et al.*, 2010).

La temperatura es el factor más importante que gobierna el mantenimiento de la calidad postcosecha de las frutas, al descender la temperatura disminuye el ritmo de deterioro. No existe una temperatura ideal para el almacenamiento de todos los productos hortofrutícolas, porque las respuestas a las bajas temperaturas son muy diversas (Wills *et al.*, 1998).

El preenfriamiento tras la recolección, es especialmente útil en las frutas y hortalizas muy perecederas, en el cual se absorbe el calor de campo, así como disminuye la tasa respiratoria y la actividad metabólica (Kavitha *et al.*, 2020). Los métodos de preenfriamiento pueden ser por medio de aire frío, agua fría, hielo o por evaporación; la selección de uno u otro depende de factores tales como la temperatura del producto al cosecharlo, su fisiología, relación superficie / volumen, susceptibilidad de contacto con el medio refrigerante y vida postcosecha deseada. Inmediatamente después del pre-enfriamiento se debe continuar con la cadena de frío hasta la comercialización.

La refrigeración es la alternativa para mantener baja la velocidad de deterioro sin promover cambios indeseables, manteniendo así el producto aceptable por el consumidor el mayor

tiempo posible; esta técnica se puede combinar con otras tecnologías postcosecha como atmósferas controladas/modificadas, compuestos antimicrobianos, rayos UV-C, entre otros. En la región de Teziutlán, Puebla, México, se está incrementando la producción de arándano; sin embargo, se desconoce la calidad de fruta obtenida y técnicas de almacenamiento que prolonguen la vida postcosecha; por lo que el objetivo de la presente investigación fue evaluar vida anaquel y calidad de frutos de arándano “Ojo de conejo” pre-enfriados y refrigerados.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar vida anaquel y calidad de frutos de arándano “Ojo de conejo” preenfriados y refrigerados.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar características fisicoquímicas de frutos de arándano “Ojo de conejo” preenfriados y refrigerados.
- Determinar tiempo de almacenamiento en relación a las características de calidad de frutos de arándano “Ojo de conejo” preenfriados y refrigerados.

III. HIPÓTESIS

El preenfriamiento con mezcla de hielo y subsecuente refrigeración mantiene la calidad e incrementa la vida post-cosecha de frutos de arándano “Ojo de conejo”.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Historia del arándano

Los arándanos pertenecen a un grupo de especies de plantas nativas del hemisferio norte, distribuidas por Norteamérica y Europa Central y a menor escala se encuentran en América del Sur, África y Madagascar (Ciordia *et al.*, 2007). Durante miles de años cuando existían las tribus, los indígenas las recolectaban y disecaban para utilizarlo en el invierno como parte de su alimentación (Ballington, 2001). Debido a que los europeos no estaban familiarizados con estas plantas americanas, pasaron desapercibidas para la agricultura hasta finales del siglo XIX (Gough, 1994).

4.2. Importancia económica en México

La producción y consumo del arándano en México remota a 1996, y su crecimiento en la última década se estima en un 800% debido a la demanda mundial del producto y se considera la cuarta frutilla de interés económico (Pérez, 2018). Se registró un aumento en la producción en 2013 y gracias a esto se alcanzó una producción de 10,160 t, en una superficie de 1,290 ha, con estos datos se registró un promedio de 7.8 ton ha⁻¹, esto representó el 2.41 % en datos mundiales (SIAP-FAOSTAT, 2012). Los estados con mayor producción en el país fueron Jalisco, Colima, Baja California, Michoacán y Puebla (Figura 1) (SIAP, 2017).

Hernández (2014) señala que la producción de arándano en México ha ido en aumento durante los últimos años, convirtiéndose en uno de los productos frutícolas con mayor demanda en la actualidad, por ser considerado uno de los productos alimenticios más saludables debido al valor nutritivo y actividad antioxidante de la fruta.

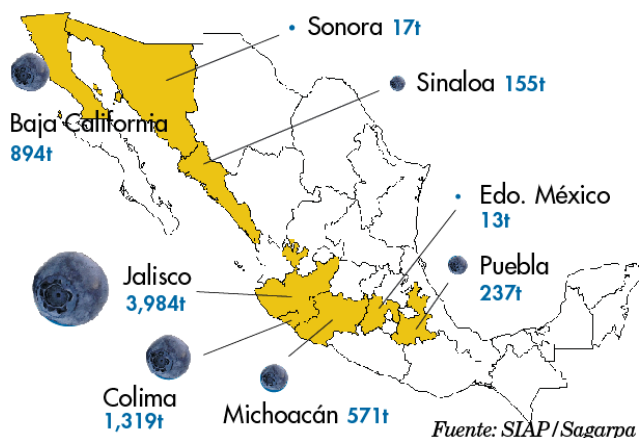


Figura 1. Producción del cultivo de arándano en México (SAGARPA 2015).

4.3. Clasificación taxonómica del arándano

El arándano pertenece a la familia *Ericaceae*, tribu *Vaccinieae* y género *Vaccinium* L., de acuerdo con la clasificación taxonómica de Cronquist (1981); con alrededor de 450 especies, divididas en arándanos cultivados (o comerciales) y silvestres (Song y Hancock, 2011).

4.4. Variedades comerciales

Existen tres especies que tienen importancia económica, *Vaccinium angustifolium* Aiton (arándano bajo o ‘lowbush’), *Vaccinium ashei* Reade (arándano ‘ojo de conejo’ o ‘rabbiteye’) y *Vaccinium corymbosum* L. (arándano alto o ‘highbush’) (Figura 2) (Moore, 1994; Panuzzio, 2010).



Figura 2. Frutos de distintas variedades (Strik *et al.*, 2003).

4.4.1. Arándano alto del norte (*Vaccinium corymbosum* L.)

Esta especie es la más cultivada a nivel mundial. Es nativa del norte este de EE.UU y el sureste de Canadá (Lyrene, 2004). La planta puede medir de 1.5 a 7 metros de altura, los cultivares más importantes son Duke, Brigitta, Bluejay, Earliblue, Elliot y Blue Crop (Moore, 1994). Son variedades adaptadas a temperaturas 5°C con mayores requerimientos de horas frío para florecer (entre 650 hasta 1200 horas frío) (Otto, 1995).

4.4.2. Arándano alto del sur (híbridos de *Vaccinium corymbosum* L.)

Son especies nativas del Sudeste de EE.UU, con escasa necesidad de frío (200 a 400, a veces hasta 600 horas), por lo que se desarrollan para producción de fruta temprana en zonas de invierno suaves; florecen temprano, siendo vulnerables al daño por heladas tardías (Spiers *et al.*, 2002). Entre los cultivares más conocidos figuran O'Neal, Bluecrips, Star, Emerald, Sharpblue, Misty y Jewel (Bruno, 2008).

4.4.3. Arándanos Ojo de conejo (*Vaccinium ashei*)

Esta variedad es nativa de la rivera de los ríos y pantanos del sur de Georgia EE. UU (Rieger, 2006). Son arbustos que alcanzan alturas de hasta 4 metros. Tolerantes a temperaturas altas, sequía, variación de pH del suelo y presentan gran adaptabilidad, son menos susceptibles a la pudrición de la raíz por *Phytophthora*, su floración es en primavera. Requiere menos materia orgánica y cobertura vegetal y son generalmente más vigorosos. Los frutos presentan mayor firmeza y vida de anaquel respecto a las otras variedades (Portillo, 2013).

Es la variedad con mayor superficie de plantación, ya que ha tenido los mejores resultados. Posee bajo requerimiento de horas frío (400 a 800 horas frío), un largo periodo entre floración y fructificación, por lo que su cosecha es tardía. Entre los cultivares más conocidos se encuentran los siguientes: Climax, Tifblue, Premier, Brightwell y Powderblue (Retamales y Hancock, 2012).

4.4.4. Los arándanos bajos (*Vaccinium angustifolium*)

Agrupar aquellos arándanos que no exceden de 1.50 m. de altura, cuyo origen se encuentran en las regiones del Noreste de EE.UU. y Sudeste de Canadá. Son plantas resistentes a bajas temperaturas invernales (-35 °F a -45 °F) y de 700 a 1000 horas frío de requerimiento. El fruto tiene una coloración azul oscuro y su tamaño es mayor a las otras variedades. En los últimos años este tipo de arbustos han sido sometidos a mejoramiento genético a partir de los cuales se obtuvieron las variedades comerciales Early Sweet y Bloodstone (Otto, 1995).

4.5. Descripción botánica

El arándano es un arbusto perenne, de ramificación extensa, semileñosa, que llega a alcanzar en su madurez más de tres metros de altura (Figura 3). El fruto es una baya esférica de color de azul claro a negro azulado, epidermis provista de secreción cerosa llamada “pruina”, calibre mínimo de 0.7 a 1.5 cm y una adecuada firmeza, además de presentar una cicatriz pequeña y seca después de desprender el pedúnculo al cosechar (Stückrath y Petzold, 2007).



Figura 3. Planta de arándano.

4.5.1. Raíces. Se distribuyen superficialmente. Hay dos tipos de raíces, las de almacenamiento que son gruesas y las finas fibrosas que se caracterizan por la ausencia de pelos absorbentes, lo que las hace dependientes de una constante de humedad y una capa superficial de suelo suelto y bien aireado (Gough, 1994; Ciordia *et al.*, 2007). Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona que tiene la capacidad de emitir brotes desde ella. Asociada con las micorrizas que ayudan a la absorción de N, se forma una simbiosis, traduciéndose en un mayor desarrollo vegetativo (Yang, 2002).

4.5.2. Tallo. Son de color marrón anaranjado y llevan las yemas vegetativas y florales. A partir del año de edad se les llama cañas. Su grosor depende de la edad de la planta y su ubicación dentro de ella. Las ramificaciones son muy abundantes. En la corona ocurre la transición entre los sistemas vasculares morfológicamente distintos de la raíz al tallo o caña (Gough, 1994).

4.5.3. Yemas vegetativas. Son pequeñas de 4 mm de longitud aproximadamente y contienen un ápice que se extiende de 40 a 80 micrómetros y 120 micrómetros de diámetro. Se ubican en el sector medio y basal del brote; a partir de ellas se originan los brotes normales de la próxima temporada (Bañados, 2007).

Las yemas vegetativas para iniciar su crecimiento y desarrollo requieren mayor acumulación de horas frío que las yemas florales, la apertura de las yemas florales y el cuaje de fruto se produce con anterioridad a la ruptura de yemas vegetativas. Es por esta razón que el crecimiento y desarrollo vegetativo en varios cultivares de arándanos es posterior a la etapa de floración (Maust *et al.*, 1999).

4.5.4. Hojas. Son alternas con peciolo cortos, de forma elíptico-lanceoladas de unos 5 cm de longitud, caducas de un verde pálido a muy intenso según cultivares, ligeramente dentadas y finamente nervadas por el envés. Es típica la coloración rojiza o amarillenta que adquieren en el otoño, según sus variedades como ojo de conejo y alto (Gough, 1994).

4.5.6. Flores. El cultivo posee corola acampanada blanca o rosada, compuesta de 5 pétalos y 5 sépalos fusionados, de 8 a 10 estambres con anteras aristadas y un estilo, todo fusionado a un ovario ínfero. El pedúnculo está adherido al brote y a lo largo las flores forman la inflorescencia o racimo (Gough, 1994), prolongadas en tubos terminales con una abertura en el ápice, un pistilo simple, ovario ínfero, de 4 a 10 lóculos. El número de yemas que puede desarrollarse en una rama va 2 o más de 20; relacionada con el grosor de la rama, por el

cultivar, así como por la influencia de varios reguladores de crecimiento y las propias técnicas de cultivo (García *et al.*, 2013).

4.5.7. Yemas florales. Ubicadas en la porción apical de las ramillas. Las yemas florales son de mayor tamaño que las vegetativas y su identificación no es difícil. Los botones florales son más resistentes al frío, en comparación con otras especies frutales, y las yemas cerradas son más resistentes que las abiertas (Spiers, 1978). A medida que el estado de desarrollo floral avanza, las yemas flores se vuelven más susceptibles al daño por frío, aunque las yemas vegetativas y reproductivas tienen resistencias similares. Se conoce que cuando las flores se exponen a temperaturas inferiores a -3.5°C no cuaja el fruto (Hicklenton *et al.*, 2002).

4.5.8. Fruta. Es una baya casi esférica compuesta por cinco lóculos, originada por la maduración de un ovario ínfero. Con un diámetro de 0.7 a 3 cm, con un peso de 0.5 a 4.0 g y varias semillas en su interior, 20 a 100, cuyo número está relacionado con el tamaño del fruto. La epidermis del fruto tiene secreciones cerosas, que le dan una terminación muy atractiva y esta fusionado con otro tejido que contiene clorofila. Los frutos, a medida que maduran, pasan por distintos grados de color, adquiriendo el tono azul característico al finalizar la maduración (Gough, 1994).

4.6. Composición química del arándano

Entre las propiedades nutricionales y nutracéuticas del arándano se encuentran, el bajo contenido calórico, pobre en grasa y sodio, libre de colesterol, rico en fibras y minerales, alta concentración de vitamina A y C (Cuadro 1) (Pino, 2007). Posee propiedades antioxidantes que actúa contra los radicales libres, disminuyendo así la probabilidad de contraer cáncer y enfermedades coronarias. También aumenta el colesterol bueno, retrasa el proceso de envejecimiento y estimulan las defensas naturales del organismo. Además, poseen propiedades antibióticas, desinflamatorios y desinfectantes (FDA).

Cuadro 1. Propiedades nutricionales del arándano fresco en 100 g.

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos (Pino, 2007).

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Agua	87.4 g	Ac. Nicotínico	0.2 mg
Proteína	0.3 g	Ac. Pantoténico	12 mg
Fibras	1.8 g	Sodio	2 mg
Calorías	42 Kcal	Potasio	88 mg
Vitamina A	30 UI	Calcio	14 mg
Vitamina B1	0.014 mg	Magnesio	6 mg
Vitamina B2	0.0024 mg	Manganeso	0.5 mg
Vitamina B6	0.012 mg	Hierro	0.5 mg
Vitamina C	17 mg	Cobre	0.26 mg
Cloro	4 mg	Fósforo	10 mg

4.6.1. Pigmentos fenólicos

Los compuestos fenólicos son sustancias con uno o más anillos aromáticos y, al menos, un sustituyente hidroxilo. Existen dos grandes grupos, los ácidos fenólicos (benzoico y cinámicos) y los flavonoides (antocianinas y taninos). Los primeros poseen un anillo y los flavonoides dos anillos fenólicos unidos por un anillo heterocíclico. Los pigmentos fenólicos reaccionan fácilmente con un ácido orgánico o un azúcar, como los flavonoides y las antocianinas, o entre sí para formar polímeros, como los taninos (Cuadro 2) (Badui, 2013).

Cuadro 2. Principales antocianinas en el arándano.

Antocianinas	Contenido medio (%)	Antocianinas	Contenido medio (%)
Delfinidinas (total)	15.17	Petunidina-3-O-	1.89
Delfinidina-3-O-glucósido	5.81	galactósido	1.08
Delfinidina-3-O-	5.04	Petunidin-3-O-	5.43
galactósido	4.32	arabinósido	3.35
Delfinidina-3-O-	8.36	Malvidinas (total)	1.27
arabinósido	3.42	Malvidina-3-O-glucósido	0.81
Cianidinas (total)	2.75	Mavlidin-3-O-galactoside	1.87
Cianidina-3-O-glucósido	2.19	Malvidin-3-O-	1.31
Cianidina-3-O-galactósido	6.64	arabinósido	0.34
Cianidina-3-O-arabinósido	3.67	Peonidinas (total)	0.22
Petunidins (total)		Peonidin-3-O-glucósido	
Petunidina-3-O-glucósido		Peonidin-3-O-galactoside	
		Peonidin-3-O-arabinoside	

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Badui, 2013.

4.6.2. Nutraceuticos

El Dr. De Felice (2002) acuñó el vocablo “nutracéuticos” en 1989 y al año siguiente lo dio a conocer a través de la fundación para innovación en Medicina en Nueva Jersey, donde él trabajaba. Surge de la unión de las palabras nutrición y farmacéutico, y se refiere a compuestos bioactivos cuyo consumo beneficia a la salud humana, con capacidad preventiva o terapéutica.

Los nutraceuticos pueden ser de origen vegetal (fotoquímicos), animal y mineral; y existen diversas formas de clasificarlos, una de las cuales es por su función biológica dado que pueden ser antioxidantes, anticancerígenos, hipocolesterolémicos, antiinflamatorios, osteogénicos (promueven la formación de huesos), antibacteriales, etc.; y otras por su estructura química (Cuadro 3) (Lockwood, 2007; Wildman y Kelley, 2007).

Cuadro 3. Nutraceuticos más comunes.

Fotoquímicos	Otros nutraceuticos
Carotenoides	Pro-bióticos y prebióticos
Poli-fenoles	Aminoácidos y proteínas
Antocianinas	Hidratos de carbono
Flavonoides	Lípidos
Derivados azufrados	Vitaminas
Fito-esteroles	Minerales

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de Lockwood (2007) y Wildman y Kelley (2007).

4.6.3. Capacidad antioxidante de los arándanos

Existe una evidencia fuerte de que los antioxidantes presentes en frutos y vegetales protegen a los lípidos, proteínas y ácidos nucleicos contra el daño oxidativo que se puede iniciar por los radicales libres, estos últimos, causantes de la aparición de enfermedades como el cáncer, problemas vasculares y neurodegenerativos (Howard *et al.*, 2003). Varios autores (Connor *et al.*, 2002; Moyer *et al.*, 2002; Howard *et al.*, 2003) han encontrado una relación inversa entre el tamaño de fruto y la actividad antioxidante, y de fenoles presente en la epidermis de frutos de arándano.

4.7. Cosecha

El periodo de botón a fruto maduro varía de 45 a 60 días. La cosecha se realiza de forma manual a partir de las últimas semanas de mayo hasta principios del mes de julio. Si bien la fruta se produce en racimos, la cosecha es individual, fruto por fruto, tratando de hacer “rodar” el fruto entre los dedos y no arrancando, ya que se puede producir una pequeña herida por la cual entren patógenos postcosecha. La fruta en estado maduro presenta una serosidad (pruina) que no debe ser removida, se cosechan apenas alcanzan su coloración azul ya que resisten mejor el almacenaje refrigerado que aquellos recolectados en estado de madurez más avanzados. A medida que el color cambia, se produce un aumento en el contenido de sólidos solubles (azúcares), una disminución de la acidez y un progresivo ablandamiento de la pulpa.

La cosecha se debe realizar fuera de las horas del día de más calor y no cosechar la fruta húmeda (después de una lluvia) o con rocío, pues se deja una película de agua sobre la misma que facilita la germinación de esporas de *Botrytis* sp (patógeno postcosecha)

4.7.1. Proceso de maduración del arándano

Los índices más utilizados para medir la madurez de un fruto son el color de fondo, la firmeza, el contenido de sólidos solubles, la prueba de almidón y la acidez, siendo todos ellos de empleo muy práctico (Angón-Galván *et al.*, 2006). Otros autores señalan como índices de maduración el tamaño del fruto, gravedad específica, morfología y estructura de la superficie, firmeza, contenido de azúcares, contenido de ácidos, proporción azúcar/ácido, otros (Kader, 2002).

Según Shoemaker (1975) el arándano presenta de 5 a 10 bayas en cada racimo los cuales maduran progresivamente durante varias semanas, alcanzando la madurez en 60 a 80 días después de la floración dependiendo del cultivar y de la temperatura del lugar. La cosecha se basa principalmente en el color de la superficie de la fruta que debe ser 100% azul (Pino, 2007); sin embargo, se pueden utilizar otros indicadores como el porcentaje de sólidos solubles y la acidez titulable (Basiouny y Chen, 1988; Pino, 2007).

4.8. Manejo postcosecha

La postcosecha de la fruta se define tradicionalmente por aspectos estéticos como textura (firmeza, jugosidad y turgencia) y apariencia (color, frescura y ausencia de pudrición o desórdenes fisiológicos) (Pelayo *et al.*, 2001).

Conservar la calidad y extender la vida de mercado de los arándanos frescos agrega valor a la fruta (Forney, 2009). El éxito en lograr la máxima vida de almacenaje de los arándanos depende de retardar los procesos degradables después de la maduración y de limitar el progreso de la pudrición.

4.8.1. Preenfriamiento

a) Importancia del preenfriamiento

El preenfriamiento se considera una actividad de valor agregado que se emplea principalmente en productos hortofrutícolas para alcanzar la conservación sin perjudicar sus propiedades fisicoquímicas, actividad metabólica, y de esta manera obtener productos de buena calidad (apariencia, textura, aroma, gusto, valor nutritivo), bien conservados, con mayor vida útil para su consumo y comercio. El preenfriamiento consiste en eliminar de manera rápida el calor de campo y con ello disminuir la respiración y producción de etileno; retrasando la maduración de las frutas y verduras (Thompson *et al.*, 2001).

Rao (2015) menciona que la disminución de los procesos fisiológicos, físicos y patológicos son fundamentales para lograr una mayor vida útil. Además, es importante considerar que la disminución de la temperatura del producto y la reducción del tiempo en el cual se alcanza la temperatura óptima de almacenamiento juegan un papel esencial en los factores que más influyen en la disminución de estos procesos (Chitarra y Chitarra, 2005).

4.8.2. Métodos de preenfriamiento

El enfriamiento inicial de las frutas y hortalizas puede realizarse por métodos que incluyen: aire frío, agua fría, hielo, vacío, entre otros (Thompson *et al.* 2002). La selección del método de enfriamiento depende de factores como la naturaleza física del producto, el tipo de envase utilizado y restricciones económicas, principalmente. Muchos productos pueden ser enfriados por cualquiera de estos métodos, ayudando significativamente en la manutención de la calidad, mientras que otros no se adaptan a determinados métodos y su calidad puede ser afectada negativamente si no se emplea el método adecuado (Garrido *et al.*, 2015).

a) Enfriamiento con aire frío

Comercialmente existen dos métodos de enfriamiento que utilizan aire frío, estos son: refrigeración en cámaras frigoríficas y refrigeración por aire frío forzado (Ashrae, 2010).

➤ Preenfriamiento mediante aire forzado

El enfriamiento por aire forzado consiste en crear gradientes de presión dentro de la cámara mediante un extractor, forzando que el aire frío fluya rápidamente a través de los

envases. Esta técnica mejora la distribución y aumenta la velocidad de enfriamiento del producto y con ello reducir la actividad metabólica, retrasar el ablandamiento y la susceptibilidad a la pudrición (Vicente *et al.*, 2005); es muy utilizada para productos a granel y paletizados, versátil para operaciones a pequeña escala y, fue desarrollado para productos que requieren de una rápida eliminación del calor de campo, inmediatamente después de la cosecha (Lallu *et al.*, 2000); aunque en productos muy susceptibles a deshidratación, la pérdida de agua puede ser superior al 2% (Thompson *et al.*, 2002).

➤ **Preenfriamiento en cámaras frigoríficas**

Este método consiste en enfriar el producto directamente en cámaras frigoríficas, con una alta capacidad de circulación de aire; se aplica principalmente a productos con una vida postcosecha larga y que toleran una eliminación del calor lenta (Artés *et al.* 2015).

b) Preenfriamiento mediante agua fría

El preenfriamiento con agua fría es considerado la técnica más rápida, debido al mayor intercambio térmico (Alibas y Koksai, 2015); además, coadyuva a reducir la pérdida de peso durante la conservación y a mantener una mayor firmeza y textura (Laurin *et al.*, 2005). Sin embargo, debe tener cuidado con la temperatura a utilizar, calidad microbiológica del agua; método y tiempo de aplicación y las propiedades del producto, como la superficie, tamaño y lesiones presentes (Reina *et al.*, 1995, Brosnan y Sun 2001; Vigneault *et al.*, 2007).

c) Preenfriamiento mediante hielo

El preenfriamiento con hielo es la técnica más antigua a fin de disminuir la temperatura de campo, consiste en la aplicación directa de hielo en el envase del producto a enfriar. Se trata de poner una capa de hielo en la parte superior del producto y a medida que se va derritiendo, el agua va enfriando las capas inferiores. Aunque es una técnica rápida, no todos los productos son susceptibles a ser tratados por este método, ni todos los materiales de embalajes son aptos, como por ejemplo el cartón parafinado tiende a perder su resistencia a la compresión en presencia de humedad. La presencia de humedad durante periodos prolongados en la superficie puede inducir el deterioro microbiológico y favorecer el

desarrollo de fisiopatías durante la conservación. Cabe considerar que mediante este método se tiene que transportar el hielo y, por tanto, se pierde capacidad de transportar carga.

d) Preenfriamiento por vacío

Consiste en situar el producto a enfriar en un espacio en el que se reduce la presión, hasta un valor suficientemente bajo para que parte de su agua se vaporice, y por tanto es la mercancía la encargada de suministrar el calor de vaporización necesario para el cambio de estado, consiguiéndose así la disminución de su temperatura. El equipo de vacío debe estar dimensionado para conseguir extraer el aire húmedo que se encuentra en el interior del espacio al comienzo del proceso y eliminar todo el vapor que se produce durante la fase de vaporización hasta alcanzar la presión final deseada. Es un método muy eficiente, pero el sistema es caro y se pierde peso del producto. Por eso se emplea sólo a productos muy perecederos y de gran valor comercial. Esta técnica se adapta mejor a hortalizas con una alta relación de superficie/volumen y con alta disponibilidad de agua en la capa epidérmica. Este método es considerado de enfriamiento rápido y uniforme en comparación con el aire forzado y el hidroenfriamiento (Thompson *et al.*, 2007).

4.8.3. Enfriamiento de arándanos durante el almacenaje

Después de que las bayas se enfrían, se recomienda mantenerlas a 0-1 °C y con humedad relativa de 85 a 95 %. En estas condiciones, los arándanos pueden mantener una condición aceptable durante 2-3 semanas o más, dependiendo del cultivar. El efecto de la temperatura de almacenaje difiere considerablemente entre los cultivares (Schotsmans *et al.*, 2007).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización del experimento

La presente investigación se llevó a cabo en el campo experimental y laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, localizada en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla (Figura 4); ubicada a una altura sobre el nivel del mar de 1 600 m, entre los paralelos 20° 00' y 20° 12' de altitud norte; los meridianos 97° 07' y 97° 19' de longitud oeste (INEGI, 2009).

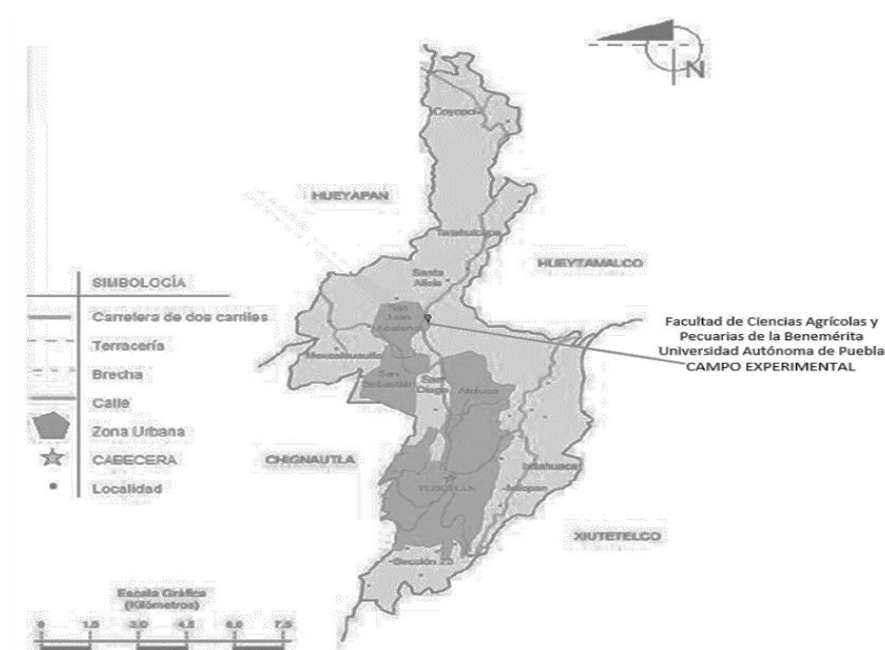


Figura 4. Localización del campo experimental, San Juan Acateno Teziutlán Puebla. INEGI, (2009).

5.2. Material vegetal

Se utilizaron arbustos de arándano azul variedad “ojo de conejo” de 7 años de edad, los cuales se establecieron en un marco de plantación de 1.60 x 2. 60 m. con una altura promedio de 1.35 m. Se identificaron 30 arbustos para el trabajo de investigación (Figura 5).



Figura 5. Arbustos de arándano azul variedad “ojo de conejo”.

Fuente: Elaboración propia.

5.3. Diseño experimental y distribución de los tratamientos

El diseño experimental se realizó completamente al azar, con un arreglo factorial 3X3; con 9 tratamientos, cuatro repeticiones y 10 frutos como unidad experimental. Los factores fueron tres métodos de pre enfriamiento y tres niveles de refrigeración, con los siguientes tratamientos:

- Tratamiento 1: Frutos de arándano recién cosechados sin pre enfriamiento + almacenamiento a 20 °C
- Tratamiento 2: Frutos de arándano recién cosechados sin pre enfriamiento + almacenamiento a 4 °C
- Tratamiento 3: Frutos de arándano recién cosechados sin preenfriamiento + almacenamiento a 7 °C

- Tratamiento 4: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con agua fría a 0 °C + almacenamiento a 20 °C
- Tratamiento 5: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con agua fría a 0 °C + almacenamiento a 4 °C
- Tratamiento 6: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con agua fría a 0 °C + almacenamiento a 7 °C
- Tratamiento 7: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con mezcla de hielo + almacenamiento a 20 °C
- Tratamiento 8: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con mezcla de hielo + almacenamiento a 4 °C
- Tratamiento 9: Frutos de arándano recién cosechados preenfriados con mezcla de hielo + almacenamiento a 7°C

5.4. Variables a evaluar

Por un periodo de 28 días, con intervalos de 7 días se registró en cada uno de los tratamientos lo siguiente:

5.4.1. Peso fresco

Se obtuvo el peso de 10 frutos en forma individual, utilizando una balanza granataria Marca OHAUS, reportando el resultado en gramos (g) (Anexo 1).

5.4.2. Diámetro polar

Se tomó el diámetro polar de 10 frutos de forma individual, utilizando un vernier digital, desde la base del pedúnculo hasta el apéndice de la fruta, los valores se registraron en milímetros (mm) (Anexo 2).

5.4.3. Diámetro ecuatorial

Se midió el diámetro ecuatorial de 10 frutos en forma individual, utilizando un vernier digital, en la parte media, los valores se registraron en milímetros (mm) (Anexo 2).

5.4.4. Porcentaje de humedad

Se pesaron 15 frutos y se colocaron en tres recipientes de aluminio y permanecieron por 8 días en una estufa de secado a 65° C, marca Roissa o hasta obtener un peso constante (Anexo 3).

El porcentaje de humedad se calculó mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{peso fresco} - \text{peso seco})}{\text{Peso fresco}} * 100$$

5.4.5. Firmeza

Se utilizó un texturómetro marca TEXTURE ANALIZE, con un puntal plano de 5 mm de diámetro y una distancia de penetración de 5 mm; a 4 frutos por tratamiento, se les midió la compresión en la parte ecuatorial del fruto en lados opuestos (Anexo 4).

5.4.6. Color

La variación del color se midió con un colorímetro marca KONCA MINOLTA. Este instrumento define de manera cuantitativa el brillo de la superficie del fruto que toma valores de L*, a*, b*. Para medir el color, se tomaron 4 frutos de cada tratamiento y se realizó la lectura de cada fruto, en la parte ecuatorial del fruto en lados opuestos (Anexo 5).

5.5. Variables químicas

Para la determinación de sólidos solubles totales, pH y acidez titulable, se registró el peso de 30 frutos por tratamiento y se licuó con 30 mL de agua desionizada, se homogeneizó y se midió el jugo que se obtuvo con una probeta graduada de 50 mL para obtener el volumen final. A partir del jugo filtrado se midió lo siguiente:

5.5.1. Sólidos solubles totales

Se determinó por el método de la Association Of Official Analytical Chemist (AOAC, 1998), se colocaron de dos a tres gotas de jugo de arándano sobre el refractómetro digital Atago Pelette. Los resultados se expresaron en grados sólidos solubles totales (%) (Anexo 6).

5.5.2. pH

Se determinó por el método de la Association Of Official Analytical Chemist (AOAC, 1998), donde se introdujo el electrodo para medir el pH al jugo filtrado y se reportó el valor (Anexo 7).

5.5.3. Porcentaje de acidez

Se realizó por el método de la Association Of Official Analytical Chemist (AOAC, 1998), mediante titulación con NaOH (Hidróxido de sodio) 0.1 N (Normal), hasta obtener un pH de 8.1 ± 0.3 (Anexo 8). El resultado se expresó en porcentaje de ácido cítrico, de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ Ácido} = \frac{(\text{mL NaOH gasto})(\text{N NaOH})(\text{Pmea} - \text{Ácido})(\text{Volumen})}{(\text{Peso de muestra})(\text{Alicuota})} * 100$$

Donde:

mL NaOH gasto: gasto en mililitros de NaOH

N NaOH: normalidad a la que se encontraba la solución de NaOH

Pmea – Ácido: peso promedio del ácido cítrico

V: volumen total de la muestra

Peso de muestra: peso total de la muestra

Alícuota: milímetros de muestra usada para titular.

5.5.4. Contenido de antocianinas

Extracción de antocianinas. Se utilizó el método de Velioglu *et al.* (1998) con ligeras modificaciones; se registró el peso de 2 frutos y se molieron con un mortero, adicionando 50 mL de metanol al 80%; enseguida se colocaron las muestras en agitación por 120 min. a 130 rpm a temperatura ambiente, en un agitador TS-100 ORBITAL SHAKER; se dejaron reposar por 30 min. y se filtró la muestra con papel filtro Whatman del número 2 (Anexo 9 y 10).

Determinación del contenido de antocianinas. El contenido total de antocianinas se determinó mediante el método descrito por Giusti y Wrolstad (2001), utilizando dos soluciones buffer, cloruro de potasio a pH=1 y acetato de sodio a pH=4.5, en el orden siguiente:

a) A un mL de la muestra (filtrado de arándano con metanol al 80 %) se le adicionó solución buffer de cloruro de potasio a pH=1 hasta ajustar 10 mL, se agitó la mezcla por 10 segundos y se dejó reposar por 15 min. protegido de la luz. Enseguida se midió la absorbancia a 510 y 700 nm con el espectrofotómetro VELAB.

b) A un mL de la muestra centrifugada se ajustó a 10 mL. con solución buffer de acetato de sodio a pH=4.5 y se dejó reposar por 15 min. Enseguida se midió la absorbancia a 510 y 700 nm con el espectrofotómetro VELAB.

Los resultados se reportaron en mg de antocianinas por 100g de fruto fresco, con la siguiente fórmula:

$$\text{mg antocianinas } 100 \text{ fruto fresco}^{-1} = \frac{\text{antocianinas (mg mL}^{-1} \text{ * vol. de solución (mL))}}{\text{concentración (gm mL}^{-1}) \text{ * vol. de solución (mL) * 1000}}$$

5.5.5. Contenido de fenoles totales

La cantidad de fenoles totales se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu, utilizando ácido gálico como estándar. Para este procedimiento se realizaron pequeñas modificaciones, se pesó la mitad de un fruto de arándano y posteriormente se molió en un mortero con 20 mL de agua desionizada y se filtró en un matraz con papel filtro Whatman del número 2 (Anexo 9).

Con una alícuota de la muestra (2 mL) se mezcló con 10 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu (10 %), dejándose en reposo por 5 min, en seguida se mezcló con 8 mL de carbonato de sodio (7,5 %), se agitó en un vortex por 10 segundos y la solución resultante se dejó en reposo en un tubo de ensaye cubierto, a temperatura ambiente y en oscuridad durante 2 horas, las absorbancias de las muestras se midieron a 760 nm en un espectrofotómetro UV-Vis. Los fenoles totales fueron expresados como equivalentes en miligramos de ácido gálico (GAE) por g de muestra (Fiskaa *et al.*, 2007; Hülya, 2007; Zheng *et al.*, 2007) (Anexo 11).

5.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$), por medio del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Peso fresco

Los frutos de arándano variedad “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados por 7 días a temperatura ambiente (20 °C), perdieron peso en promedio del 7% en un día; el preenfriamiento con hielo molido disminuyó la pérdida y la pérdida al término de los 7 días fue del 8 al 15% (Cuadro 4, Figura 6), mostrando el fruto una apariencia tipo pasa (Figura 7).

Cuadro 4. Peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20°C).

Preenfriamiento	Peso (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Forma
Sin preenfriar	1.09 b	9.13 b	12.25 a	1.35 a
Agua fría	1.06 b	9.08 b	12.02 a	1.47 a
Hielo molido	1.15 a	9.42 a	12.24 a	1.30 a
DMSH	0.05	0.22	0.25	0.28
Semana				
0	1.25 a	9.84 a	12.79 a	1.30 a
1	0.95 b	8.58 b	11.54 b	1.45 a
DMSH	0.03	0.15	0.17	0.19
Días				
0	1.40 a	10.93 a	13.72 a	1.25 a
1	1.29 ab	10.22 b	13.37 ab	1.31 a
2	1.22 bc	9.73 c	12.84 bc	1.69 a
3	1.13 dc	9.49 dc	12.43 dc	1.31 a
4	1.05 de	9.05 d	12.12 d	1.34 a
5	0.97 fe	8.52 e	11.34 e	1.34 a
6	0.90 fg	8.20 e	11.14 e	1.36 a
7	0.84 g	7.53 f	10.34 f	1.38 a
DMSH	0.11	0.47	0.53	0.60

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

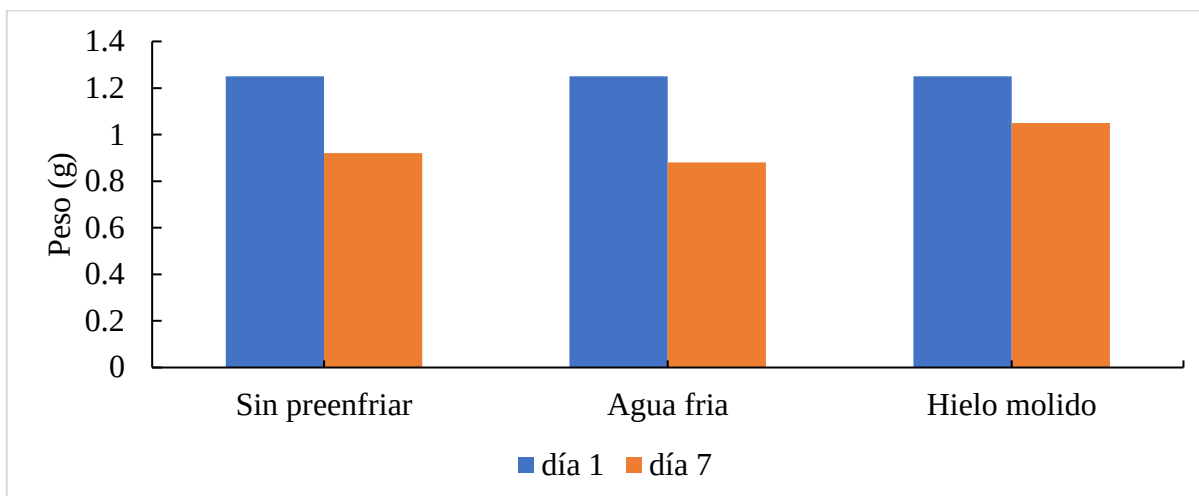


Figura 6. Pérdida de peso en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).



Figura 7. Frutos de arándano “ojo de conejo” almacenados, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).

Los frutos con o sin preenfriamiento almacenados a temperaturas de 4 y 7 °C, no presentaron diferencias significativas al 5%; sin embargo, los frutos que perdieron menos peso fueron los preenfriados con agua fría, y aquellos que se almacenaron a 7 °C. En relación con el tiempo de

almacenamiento a 4 y 7 °C, y del tiempo que permanecieron a temperatura ambiente una vez concluido el periodo de almacenamiento, los frutos experimentaron cambios heterogéneos, pero al final con un decremento (Cuadro 5).

Moncayo (2013) menciona que el arándano una vez cosechado empieza a perder peso rápidamente, como consecuencia del proceso de respiración y transpiración, procesos directamente relacionados con la deshidratación de la fruta que influyen en la aceptación del producto para el mercado. Algunos autores mencionan que la pérdida de peso llega a ser hasta del 10% de su peso por día (Balliger *et al.*, 1978; Miller *et al.*, 1984; Tetteh, 2002). Lo anterior se registró en todos los tratamientos, y con diferencias significativas en los frutos que no se almacenaron en refrigeración, los cuales sufrieron cambios más drásticos. En el caso de los frutos almacenados en refrigeración, no hubo diferencias significativas, lográndose mantener una vida anaquel por más tiempo, pero una vez expuestos a temperatura ambiente, la pérdida de peso fue inevitable.

6.2. Diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma

El diámetro polar en los frutos con o sin preenfriamiento almacenados por 7 días a temperatura ambiente (20 °C), fue estadísticamente diferente al utilizar hielo molido como preenfriamiento, con valores superiores; no sucedió el mismo comportamiento con el diámetro ecuatorial y la forma. Después de una semana (7 días), el diámetro polar y ecuatorial disminuyó significativamente, lo que no ocurrió con la forma. La forma mostró que el diámetro polar es el que disminuye más rápido que el ecuatorial (Cuadro 4).

Los frutos con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración, registraron diferencias significativas. El diámetro polar fue mayor en los frutos sin preenfriamiento y con agua fría; y al refrigerar, el valor superior fue con 7 °C. El diámetro ecuatorial fue mayor sin preenfriar y al refrigerar a 7 °C; en el caso de la forma, el valor fue mayor sin preenfriar y al refrigerar a 4 °C. Al interrumpir el tiempo de refrigeración cada semana, 4 veces, y mantener los frutos a temperatura ambiente, se registró que los frutos disminuyen de diámetro polar y ecuatorial rápidamente en la primera semana después de la refrigeración y al siguiente día de permanecer a temperatura ambiente; no así con la forma la cual tiende a ser más ancha con el tiempo (Cuadro 5).

Zapata *et al.* (2010) comentan que dependiendo la variedad, los frutos de arándano pueden presentar un diámetro polar de 3 – 13 mm y un diámetro ecuatorial de 3 – 16mm; los cuales se pueden clasificar como calibre chico con diámetros de 1 – 3mm, calibre medio con 4- 10mm y calibre grande aquellos mayores a 11mm. Gough (1994) por su parte señala diámetros de 7 mm- 18 mm. En relación con la forma, Zapata *et al.* (2013) comenta que el fruto de arándano es una baya cilíndrica de 0.5 a 1.5 cm de diámetro.

Cuadro 5. Peso, diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma en frutos de arándano “ojo de conejo” con y sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración por 4 semanas.

Preenfriamiento	Peso (g)	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Forma
Sin pre enfriar	1.23 a	9.22 a	12.35 a	1.35 a
Agua fría	1.33 a	9.16 a	12.16 b	1.33 b
Hielo molido	1.16 a	9.03 b	12.01 c	1.34 ab
DMSH	0.31	0.08	0.09	0.01
Refrigeración				
7° C	1.29 a	9.25 a	12.21 a	1.32 b
4° C	1.18 a	9.02 b	12.14 b	1.36 a
DMSH	0.21	0.06	0.06	0.00
Semana				
0	1.25 a	9.84 a	12.79 a	1.30 c
1	1.17 a	9.34 b	12.49 b	1.34 b
2	1.23 a	9.30 b	12.45 b	1.34 b
3	1.18 a	9.00 c	12.02 c	1.34 b
4	1.36 a	8.20 d	11.11 d	1.37 a
DMSH	0.47	0.13	0.14	0.01
Días				
1	1.43 ab	10.8 a	13.7 a	1.27 f
2	1.36 ab	10.32 b	13.36 b	1.29 ef
3	1.29 ab	9.78 c	12.83 c	1.31 de
4	1.65 a	9.35 d	12.35 d	1.32 d
5	1.15 ab	8.89 e	11.99 e	1.35 c
6	1.08 ab	8.46 f	11.48 f	1.36 c
7	1.01 ab	8.06 g	11.17 g	1.39 b
8	0.93 b	7.42 h	10.50 h	1.42 a
DMSH	0.66	0.18	0.2	0.02

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

De acuerdo con los autores, los frutos de arándano variedad “ojo de conejo” se clasificaron en la categoría de calibre mediano y baya cilíndrica con valores superiores a 1.0. Los frutos después de tres semanas de permanecer a temperatura de refrigeración y ser almacenados por seis días a temperatura ambiente, registraron valores superiores de diámetro polar, diámetro ecuatorial y forma, en comparación con los que no fueron refrigerados; mostrándose que el preenfriamiento no es necesario y la temperatura de 7 °C resulto ser la mejor.

Cordenunsi *et al.* (2002) señala que el fruto refleja una disminución en el tamaño, cuando las alteraciones en la pared celular aumentan el ablandamiento de los tejidos como consecuencia de una alta respiración y transpiración. Lo anterior puede relacionarse con los frutos que no se refrigeraron, los cuales terminaron tipo pasa; y se pudo observar como la refrigeración retrasa el efecto.

6.3. Humedad

El tipo de preenfriamiento no afectó el contenido de humedad de los frutos de arándano significativamente, el cual pudo corroborarse con los frutos no preenfriados; en relación con el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente, si hubo pérdida de humedad significativa a partir de la primera semana, con una pérdida total del 12 % de humedad después de dos semanas (Cuadro 6).

En el caso de los frutos refrigerados, el preenfriamiento con agua fría fue el que presentó menor pérdida de humedad; la temperatura de 7 °C fue la que mantuvo el mayor porcentaje de humedad, y conforme transcurrió el tiempo de conservación, en la primera semana la pérdida de humedad fue del 1.25 %, terminando con 2.62% después de cuatro semanas (Cuadro 7).

La humedad determina el porcentaje de agua que está presente en la mayoría de las frutas y hortalizas el cual disminuye mientras transcurre el tiempo de almacenamiento del producto, resultando en una pérdida de peso, apariencia arrugada y marchita en la fruta (Huber y Embuscado, 2004).

Lo anterior se pudo observar en la Figura 8 y 9; en la interacción temperatura y tipo de preenfriamiento, el agua fría mantuvo el mayor porcentaje de humedad al ser refrigerados a 7; así como también el agua fría mantuvo el mayor porcentaje de humedad durante las 4 semanas de almacenamiento.

Cuadro 6. Humedad, firmeza, sólidos solubles totales y pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con y sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20°C).

Preenfriamiento	Humedad (%)	Firmeza (gf)	Color		
			L	C	H
Sin preenfriar	78.88 a	234.69 a	24.66 a	1.19 a	347.37 a
Agua fría	78.91 a	233.46 a	24.54 a	1.07 a	350.02 a
Hielo molido	77.21 a	277.40 a	24.28 a	1.12 a	354.39 a
DMSH	3.47	61.2	1.63	0.51	7.86
Semana					
0	83.77 a	250.00 a	26.79 a	1.27 a	356.54 a
1	77.52 b	264.71 a	23.77 b	1.23 a	344.55 b
2	73.71 c	230.83 a	22.93 b	0.89 a	350.68 ab
DMSH	3.47	61.2	1.63	0.51	7.86

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

6. 4. Firmeza

El tipo de preenfriamiento y tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (20°C) no afectó significativamente la firmeza en los frutos de arándano “ojo de conejo” almacenados a temperatura ambiente; sin embargo, los arándanos preenfriados con hielo molido presentaron el valor más alto en firmeza y con el tiempo disminuyó hasta un 7.66 % (Cuadro 6).

En los frutos refrigerados, el preenfriamiento tampoco influyó estadísticamente en la firmeza; sin embargo, el agua fría registró los valores más altos; en el caso de la refrigeración, los frutos almacenados a 7 °C presentaron la mayor firmeza y conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, la pérdida de firmeza fue menor que en los frutos almacenados a 4°C y temperatura ambiente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Humedad, firmeza, sólidos solubles totales y pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración por 4 semanas.

Preenfriamiento	Humedad (%)	Firmeza (gf)	Color		
			L	C	H
Sin preenfriar	82.40 b	261.35 a	26.05 a	1.18 a	340.60 a
Agua fría	82.92 a	268.61 a	25.35 a	1.26 a	332.66 a
Hielo molido	82.14 b	241.42 a	25.57 a	1.29 a	338.51 a
DMSH	0.40	33.77	0.84	0.31	11.39
Refrigeración					
7° C	82.87 a	271.81 a	25.37 a	1.08 b	342.03 a
4° C	82.10 b	242.44 b	25.94 a	1.41 a	332.48 b
DMSH	0.27	22.99	0.57	0.21	7.75
Semana					
0	83.77 a	250.00 bc	26.79 a	1.27 a	356.54 a
1	82.72 b	213.81 c	25.62 ab	1.18 a	335.29 b
2	82.38 bc	242.99 bc	25.28 b	1.27 a	331.38 b
3	81.97 cd	314.01 a	25.55 ab	1.18 a	337.03 b
4	81.57 d	264.81 ab	25.05 b	1.34 a	326.04 b
DMSH	0.61	50.94	1.27	0.48	17.18

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

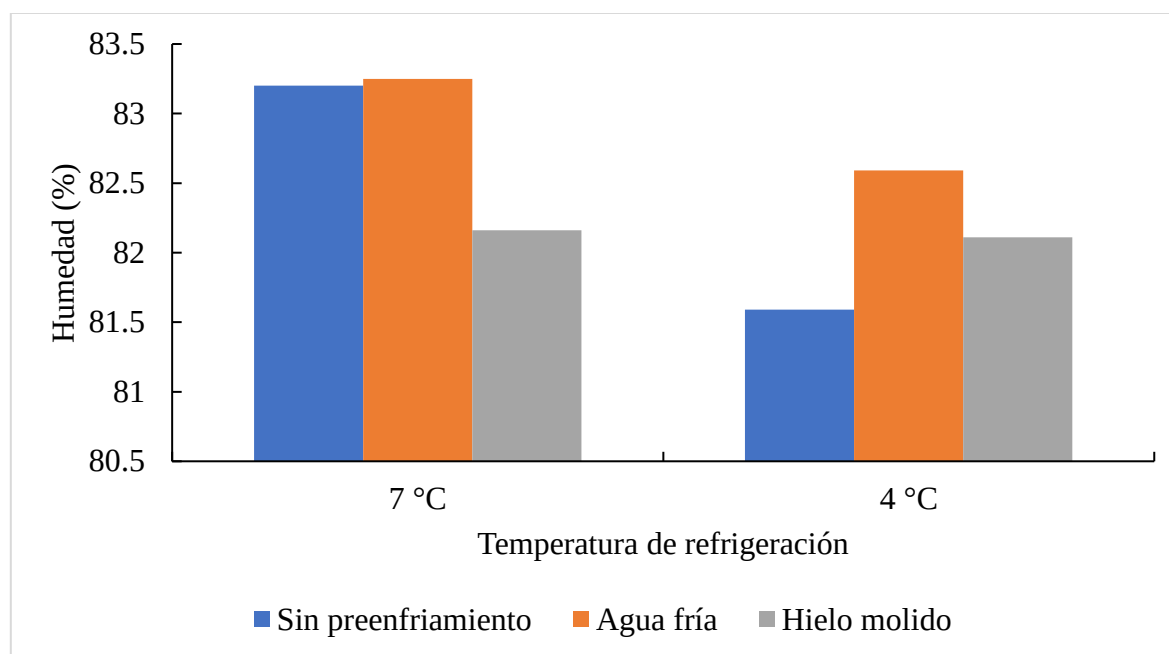


Figura 8. Contenido de humedad (%) en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

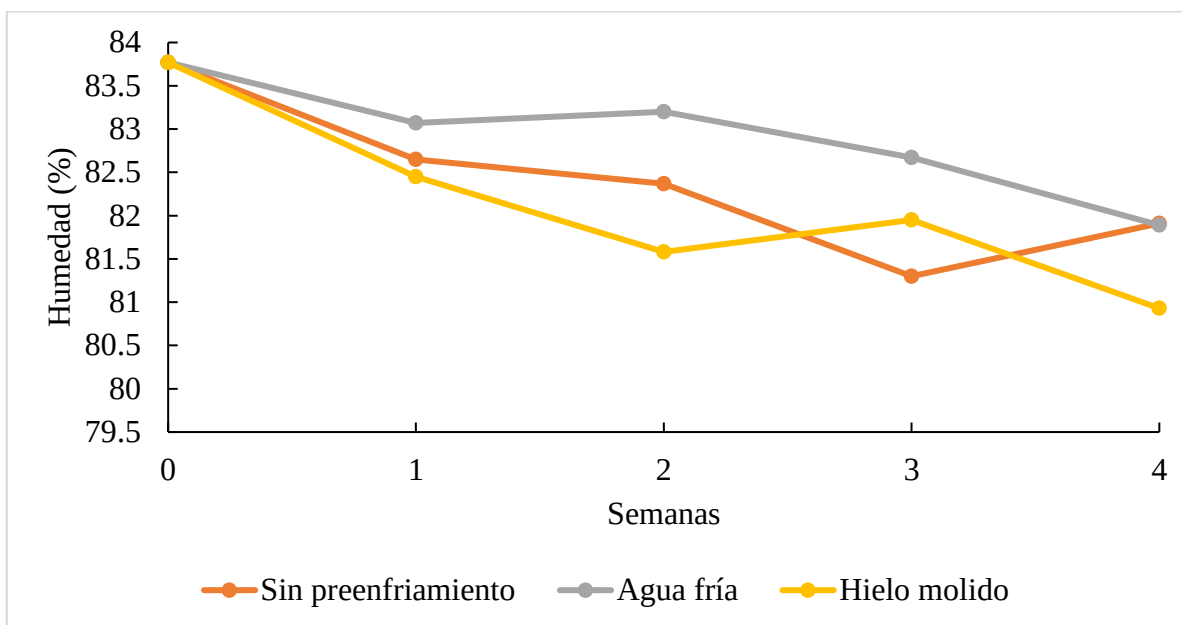


Figura 9. Contenido de humedad en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados durante cuatro semanas en refrigeración.

La firmeza de la cáscara de las frutas se mantiene sólida mientras no sufra cambios en la pared celular ya que, al sufrir modificaciones en su plasticidad por la degradación de enzimas, debilita la pared y causa el ablandamiento del fruto (Reid, 2002; Opik y Rolfe, 2005). Picinelli *et al.* (2019) mencionan que la firmeza de los frutos de arándano en la variedad Biloxi, Tefblue y ojo de conejo oscilan entre los 162 y 286 g.

De acuerdo con el autor antes mencionado, los valores de firmeza en los frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente o de refrigeración, con valores superiores con almacenamiento de refrigeración.

6. 5. Color

El color de los arándanos en los valores de L, C y H, almacenados a temperatura ambiente, no presentaron cambios significativos ($P \leq 0.05$), con valores de L y C superiores en los frutos que no se preenfriaron y en los frutos preenfriados con hielo molido en el valor H. Conforme

transcurrió el tiempo de almacenamiento, el valor de C no se modificó después de dos semanas; mientras que los valores de L y H fueron disminuyendo con el tiempo (Cuadro 6).

Al refrigerar los frutos, se observó mismo comportamiento de no efecto significativo en los valores de L, C y H, con el tipo de preenfriamiento empleado. Sin embargo, al utilizar las temperaturas de refrigeración, el valor de L no fue significativo al almacenar a 7 °C o 4 °C, no así con los valores de C y H; registrándose valores de C superiores al refrigerar a 4 °C y viceversa con el valor de H. Conforme transcurrió el tiempo de refrigeración, nuevamente el valor de C no se modificó y el de L y H fue disminuyendo (Cuadro 7). El valor de H se mantuvo más estable durante el almacenamiento bajo condiciones de refrigeración al preenfriar con hielo molido los frutos de arándano (Figura 10)

Nunes *et al.* (2004) menciona que la disminucion del valor de luminosidad (L) es mayor después del almacenamiento, al perder pruina o la capa cerosa que actua como protector y retardante de la degradacion. Lo anterior ocurrió tanto en los frutos con o sin preenfriamiento y almacenados a temperatura ambiente y de refrigeración, siendo más drástico el cambio en los almacenados a temperatura ambiente.

Mc Guire (1992) menciona que el valor H es un valor mas apropiado para describir la saturacion del color, registrando valores de 270 ° a 360° de color azul, en la presente investigacion, los valores de H en los frutos de arándano “ojo de conejo” presentaron valores superiores a 300° en todos los tratamientos, lo cula indica que la saturacion del color azul fue por arriba del 90%, indicativo del estado de madurez optimo para la cosecha y consumo.

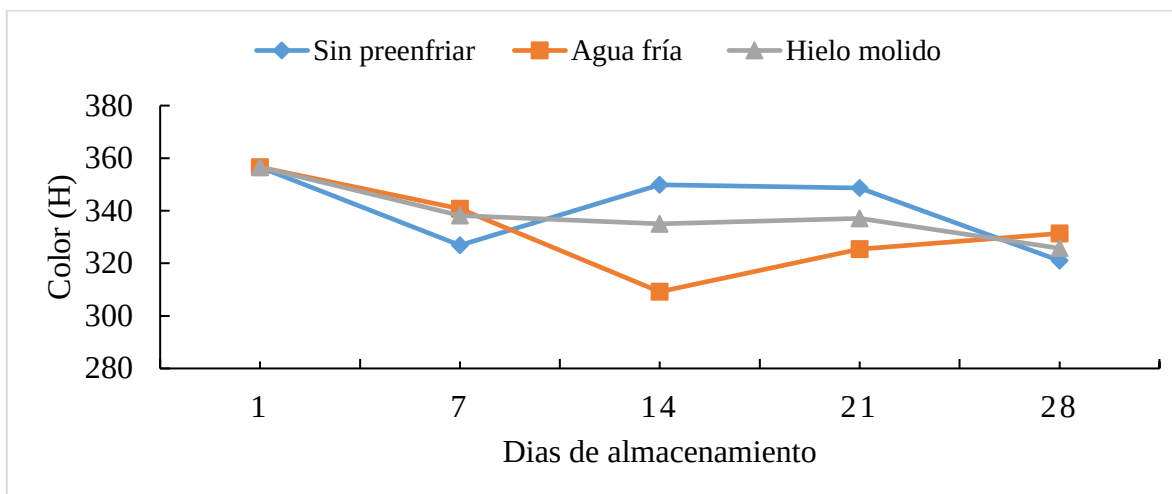


Figura 10. Color (H) en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento y refrigerados.

6.6. Sólidos solubles totales

En los frutos almacenados a temperatura ambiente, el contenido de sólidos solubles totales no se afectó significativamente ($P \leq 0.05$) con el tipo de preenfriamiento; sin embargo, el valor más alto se registró al utilizar agua fría; en relación con el tiempo, el valor fue incrementando significativamente (Cuadro 8).

En los frutos almacenados en refrigeración, el tipo de preenfriamiento afectó significativamente el contenido de sólidos solubles totales ($P \leq 0.05$), con valores superiores al no preenfriar y valores semejantes al utilizar agua fría o hielo molido, con un 4.69 % de disminución. Al almacenar a 4 °C, el valor fue superior que al almacenar a 7 °C. Conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, el contenido de sólidos solubles totales fue en incremento (Cuadro 9).

Al finalizar el periodo de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración, los frutos no preenfriados y almacenados a 7 °C registraron los valores más bajos y los no preenfriados y almacenados a 4 °C fueron los valores más altos (Figura 11).

El contenido de sólidos solubles totales se relaciona directamente con el sabor de la fruta y el contenido de azúcares va en aumento hasta llegar al punto más alto de su maduración

(Sandoval, 2013; Forney, 2009). Con el almacenamiento los almidones se transforman en azúcares simples, lo que provoca un aumento en los sólidos solubles totales (Kader, 2011). En el cuadro 8 la fruta que permaneció a una temperatura de 20°C y con pre enfriamiento de agua fría tuvo el dato más alto (20.08 °Brix), ya que en los demás datos no hubo una diferencia significativa, mientras que en la figura 11, el método de refrigeración que se utilizó fue mejor a 4 °C.

Gündüz *et al.* (2015) indican que en un estudio donde se evaluó el efecto del cultivar y la temporada en la calidad de la fruta para arándano alto y ojo de conejo, el cultivar Brigitta presentó un porcentaje de sólidos solubles de 12.9 y 14.2%, para la temporada 2010 y 2011. En el presente estudio, los valores en todos los tratamientos fueron superiores a los reportados por el autor señalado.

Cuadro 8. Sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).

Preenfriamiento	Sólidos solubles totales (%)	pH	Ácido cítrico (%)
Sin preenfriar	19.14 a	2.99 a	0.90 b
Agua fría	20.08 a	2.85 b	1.00 a
Hielo molido	19.35 a	2.85 b	0.95 ab
DMSH	1.17	0.02	0.07
Semana			
0	16.86 c	2.88 b	0.91 b
1	20.14 b	2.91 a	0.89 b
2	21.59 a	2.91 a	1.04 a
DMSH	1.17	0.02	0.07

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 9. Sólidos solubles totales, pH y acidez titulable en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento almacenados a temperatura de refrigeración.

Preenfriamiento	Sólidos solubles totales (%)	pH	Ácido cítrico (%)
Sin preenfriar	17.69 a	2.60 a	0.95 a
Agua fría	16.88 b	2.85 b	0.89 b
Hielo molido	16.86 b	2.73 c	0.88 b
DMSH	0.46	0.01	0.03
Refrigeración			
7 °C	16.47 b	2.79 a	0.85 b
4°C	17.82 a	2.66 b	0.96 a
DMSH	0.31	0.01	0.02
Semana			
0	16.86 a	2.88 a	0.91 ab
1	17.23 a	2.68 c	0.87 b
2	17.20 a	2.71 b	0.91 ab
3	17.16 a	2.67 c	0.91 ab
4	17.26 a	2.70 bc	0.93 a
DMSH	0.7	0.02	0.04

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

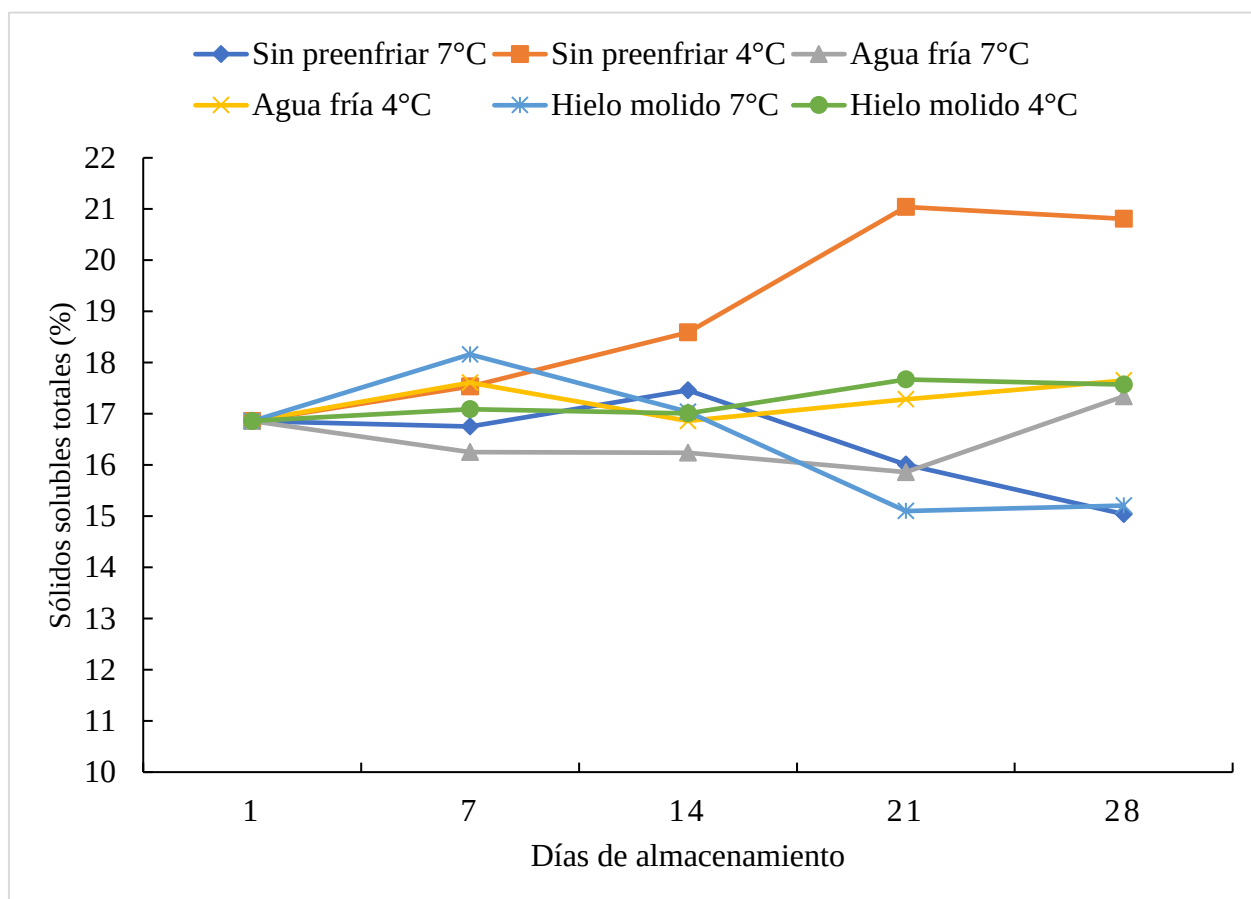


Figura 11. Sólidos solubles totales (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

6.7. pH

En los frutos almacenados a temperatura ambiente, hubo efecto significativo del pH ($P \leq 0.05$) con el tipo de preenfriamiento y tiempo de almacenamiento; los frutos no preenfriados registraron el valor más alto y después de una semana de almacenamiento el pH incrementó significativamente (Cuadro 8). En la interacción del tipo de preenfriamiento con el tiempo de almacenamiento, los frutos no preenfriados fueron los que presentaron el valor de pH más alto a partir de la primera semana, seguido del hielo molido y agua fría (Figura 12).

Al almacenar los frutos en refrigeración, se registraron cambios significativos ($P \leq 0.05$). Los valores más altos se presentaron en los frutos no preenfriados, en los almacenados a 7 °C y a los siete días de almacenamiento (Cuadro 9).

Los frutos sin preenfriamiento y almacenados a 7 °C y 4 °C, fueron los que presentaron los valores más bajos de pH (Figura 13).

Moncayo (2013) menciona que los frutos de arándano conforme maduran pierden acidez, resultando en pH básicos en comparación de los frutos recién cortados y con una coloración más rojiza que azulada; alcanzo valores de 2.8. Lo anterior, se pudo relacionar con la cosecha en etapa madura, al presentar valores cercanos y ligeramente superiores a 2.8; y conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento, los frutos fueron entrando en etapa de senescencia, al presentarse una disminución del pH, producto de cambios en el metabolismo. Preservando el pH los frutos con preenfriamiento y almacenados en refrigeración.

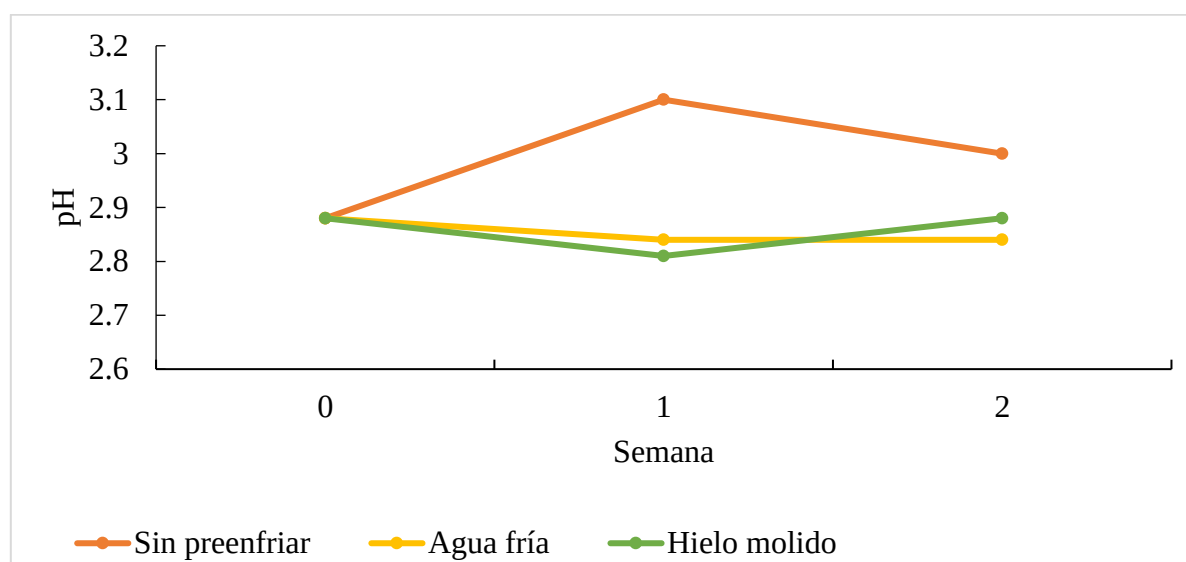


Figura 12. Cambios de pH en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente.

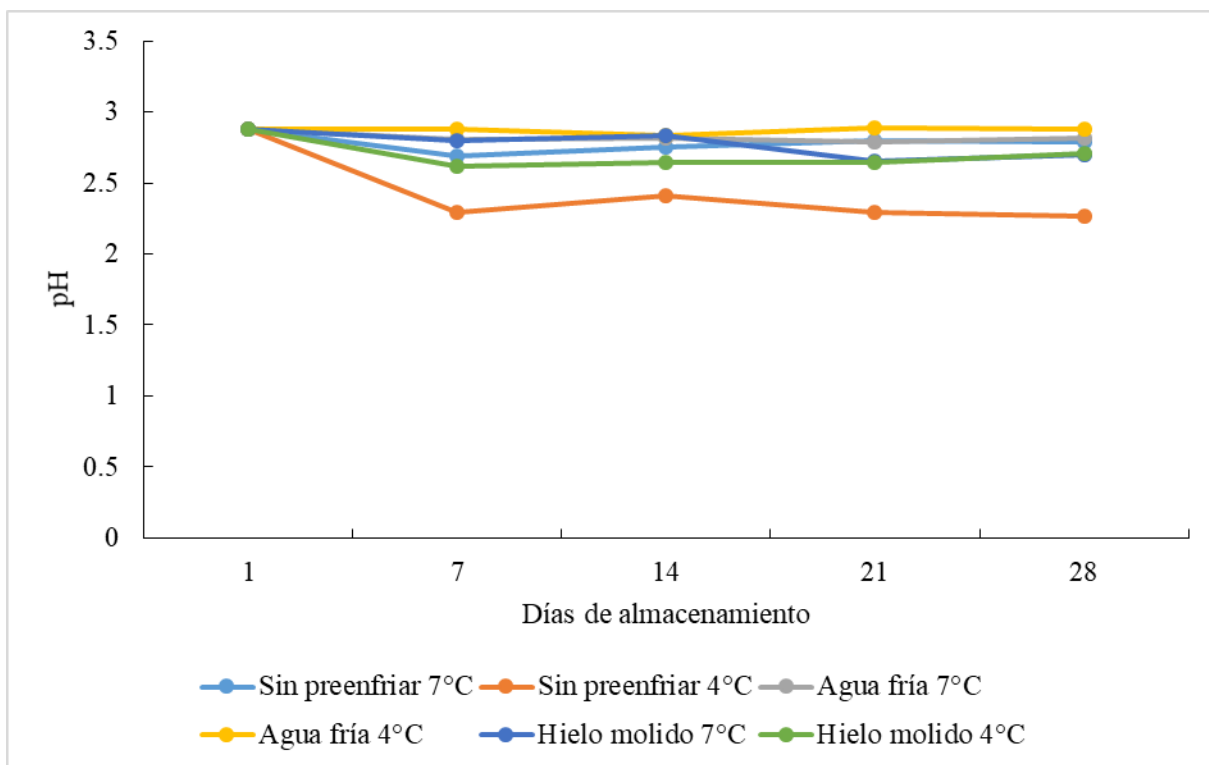


Figura 13. Cambios de pH de frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

6.8. Acidez titulable

Los frutos almacenados a temperatura ambiente, presentaron valores significativos de contenido de ácido cítrico ($P \leq 0.05$) con el tipo de preenfriamiento y tiempo de almacenamiento. Los valores más altos se registraron al utilizar agua fría y al terminar el periodo de almacenamiento (Cuadro 8). En la interacción de los factores preenfriamiento y tiempo, los frutos preenfriados con el hielo molido después de dos semanas de almacenamiento presentaron el valor más alto en el contenido de ácido cítrico (Figura 14).

En el caso de los frutos refrigerados, los valores también presentaron diferencias significativas. Como efectos simples, los valores más altos se observaron con los frutos no preenfriados, al refrigerar a 7 °C y al terminar el periodo de almacenamiento (Cuadro 9). Al interactuar los factores, la temperatura de 4 °C propició un incremento en el contenido de ácido cítrico a partir de los 7 días de almacenamiento (Figura 15); mismo comportamiento sucedió al utilizar o no preenfriamiento y almacenar a 4 °C (Figura 16).

Olivas y Barbosa (2005) señalan que concentración de ácidos orgánicos en las frutas disminuye la acidez y aumenta el azúcar a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, como una consecuencia del proceso de respiración para la maduración, ocasionando pérdida de agua en las frutas. Lo anterior se puede relacionar con los frutos que no se preenfriaron y los refrigerados a 7 °C, al presentar valores de acidez más bajos, producto del proceso de respiración más acelerado, repercutiendo en valores más altos en sólidos solubles y pérdida de peso.

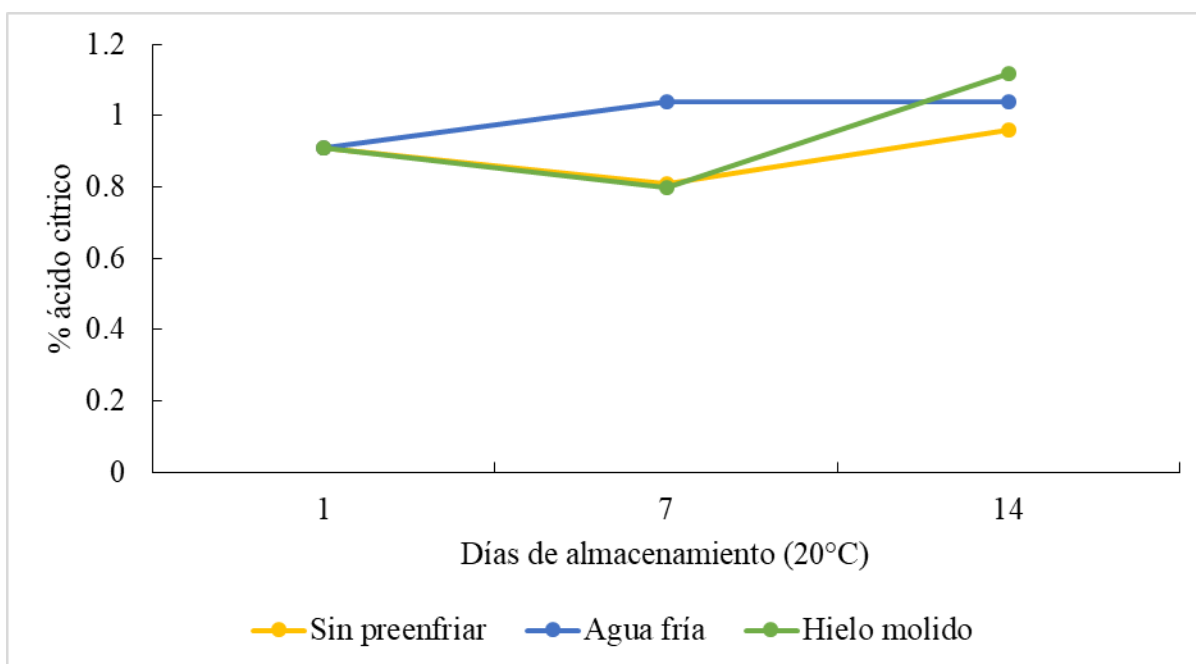


Figura 14. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente.

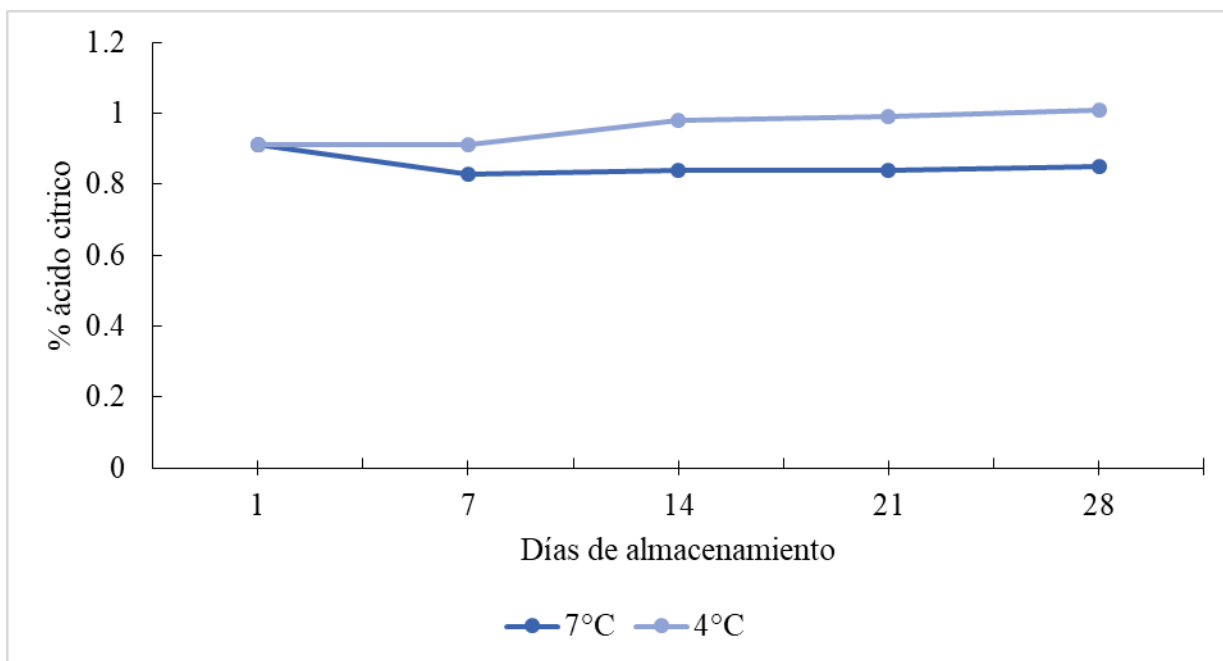


Figura 15. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

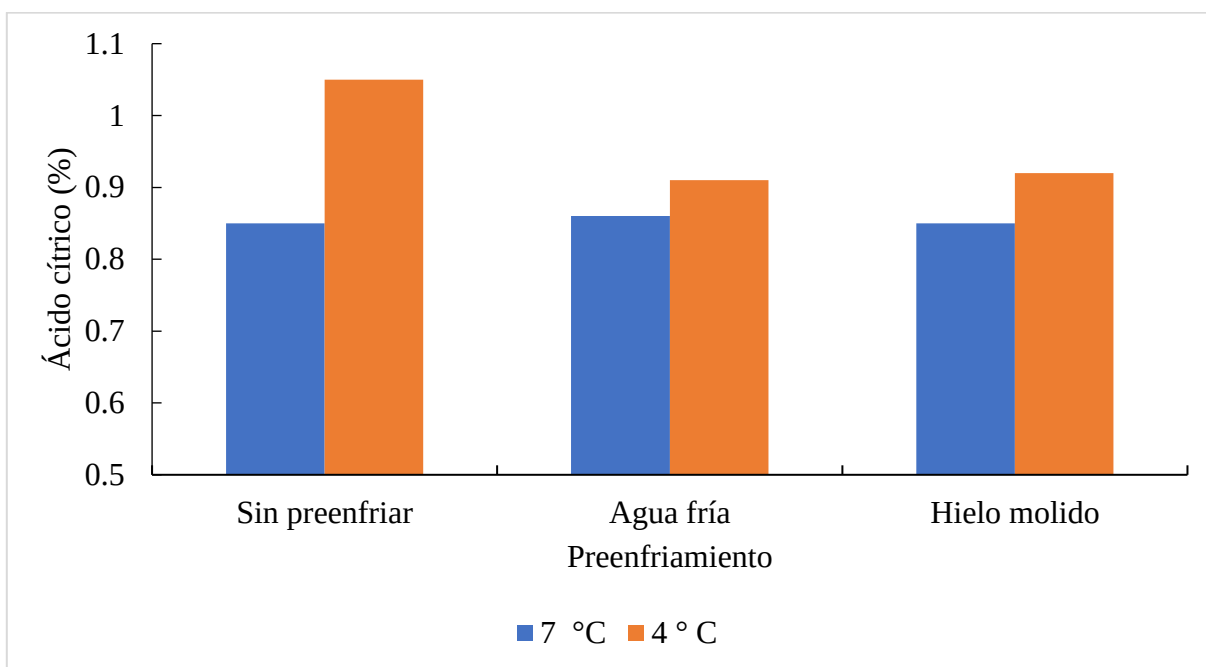


Figura 16. Contenido de ácido cítrico (%) en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

6.9. Antocianinas

El contenido de antocianinas en los frutos almacenados a temperatura ambiente no mostró diferencia significativa con el tipo de preenfriamiento utilizado ($P \leq 0.05$); sin embargo, el mayor contenido se presentó en los frutos que no fueron preenfriados. En relación con el tiempo de almacenamiento, en la segunda semana se registró efecto significativo, con el valor más bajo en antocianinas (Cuadro 10).

En los frutos almacenados en refrigeración, el contenido de antocianinas no se afectó significativamente con el tipo de preenfriamiento y temperatura de refrigeración ($P \leq 0.05$), pero sí con el tiempo de almacenamiento, incrementándose hasta el final (Cuadro 11).

De acuerdo con el tipo de preenfriamiento y temperatura de refrigeración utilizado, en general, los frutos de arándano presentaron un ligero incremento en el contenido de antocianinas a los 14 y 21 días de almacenamiento, y finalmente disminuyó a los 28 días, iniciando y terminando con un valor promedio de 234.27 mg 100 g⁻¹ de fruta fresca y 312.58 mg 100 g⁻¹ de fruta fresca, respectivamente (Figura 17).

Garzón *et al.* (2010) reporta valores de 300 ± 28 mg 100 g⁻¹ fruta, y Gaviria *et al.* (2009) señalan valores de 201 ± 10 mg 100 g⁻¹ fruta. De acuerdo con los dos últimos autores, los valores de la presente investigación, se encuentra dentro del rango.

Cuadro 120. Contenido de antocianinas y fenoles totales en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados a temperatura ambiente (20 °C).

Preenfriamiento	Antocianinas	Fenoles totales
	(mg 100g⁻¹ P.F)	(mg g⁻¹ P.F)
Sin preenfriar	417.50 a	2.47 a
Agua fría	395.55 a	2.42 a
Hielo molido	283.44 a	2.66 a
DMSH	135.75	0.68
Semana		
0	234.28 a	2.81 a
1	440.99 a	2.45 a
2	234.28 b	2.29 a
DMSH	135.75	0.68

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

Cuadro 1113. Contenido de antocianinas y fenoles totales en frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

Pre-enfriamiento	Antocianinas (mg 100g⁻¹ P.F)	Fenoles totales (mg g⁻¹ P.F)
Sin pre-enfriar	308.68 a	1.87 a
Agua fría	300.05 a	2.12 a
Hielo molido	296.39 a	1.78 a
DMSH	42.04	0.38
Refrigeración		
7°C	289.28 a	1.59 b
4°C	314.14 a	2.25 a
DMSH	28.57	0.25
Semana		
0	234.28 c	2.81 a
1	225.50 c	1.89 b
2	305.06 b	1.69 b
3	403.27 a	1.77 b
4	340.43 ab	1.45 b
DMSH	63.51	0.57

Medias con letras diferentes en la columna, son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

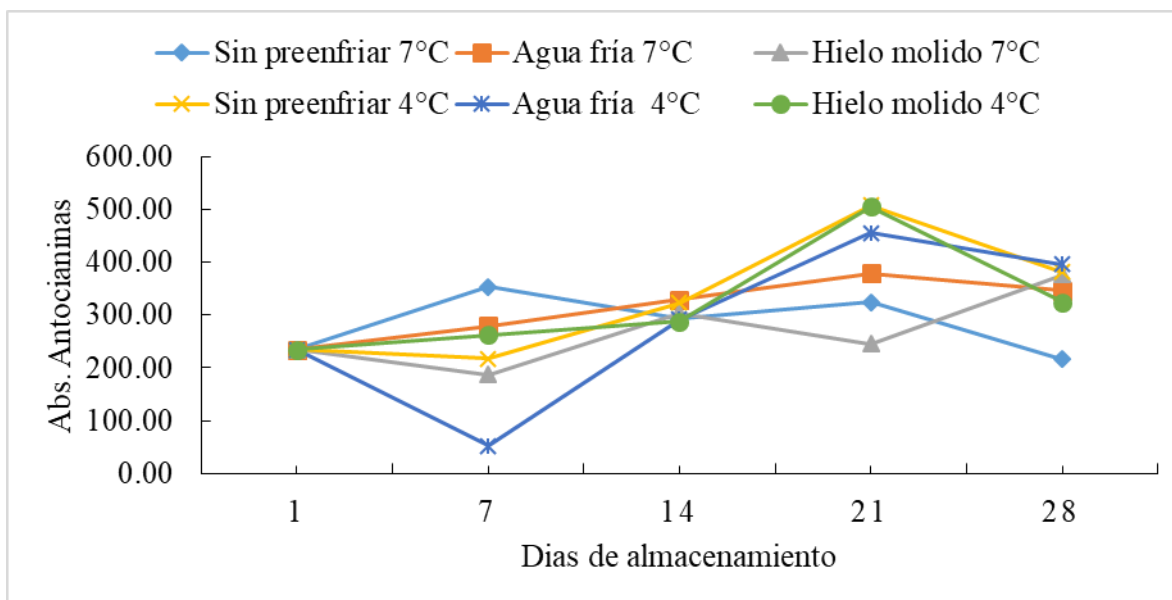


Figura 17. Contenido de antocianinas en frutos de arándano “ojo de conejo” con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

6.10. Fenoles totales

El contenido de fenoles en frutos de arándano almacenados a temperatura ambiente no tuvo efecto significativo ($P \leq 0.05$) en relación con el tipo de preenfriamiento y con el tiempo de almacenamiento; sin embargo, el valor más alto se obtuvo al preenfriar los frutos con hielo molido y al momento de iniciar el tiempo de almacenamiento (Cuadro 10).

Los frutos almacenados en refrigeración no mostraron efecto significativo ($P \leq 0.05$) con el tipo de preenfriamiento, aunque el valor más alto se registró al utilizar agua fría; pero si con la temperatura de refrigeración y tiempo de almacenamiento. El contenido de fenoles totales más alto se obtuvo al utilizar 4 °C como temperatura de refrigeración, y al momento de la cosecha (Cuadro 11).

En la interacción de los factores, el contenido de fenoles en los primeros 7 días disminuye y después ligeramente incrementa en todos los frutos almacenados a 7 °C con o sin preenfriamiento; sucediendo lo contrario en los primeros 7 días en los frutos almacenados a 4 °C; coincidiendo todos los tratamientos al final del periodo de almacenamiento con un valor promedio de 1.3 mg de ácido gálico g⁻¹ de peso fresco (Figura 18).

Sinelli *et al.* (2008) señalan que la cantidad de fenoles que tiene el fruto de arándano es de suma importancia para la salud, los cuales actúan como compuestos que atrapan radicales libres retardando el envejecimiento celular. Los tipos de fenoles que contiene el fruto del género *vaccinium* son antocianinas, flavonoides y ácidos fenólicos que imparten el color azul. Sin embargo, el contenido de fenoles totales puede presentar una gran variabilidad incluso dentro del mismo cultivar (Clark *et al.*, 2002). Moyer (2002) señala valores entre 171 y 868 mg equivalente a ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta fresca. De acuerdo con los autores, se puede mencionar que los frutos de arándano “ojo de conejo” al momento de la cosecha registraron en promedio 280 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta fresca, cantidad que entra en el rango que menciona Moyer (2002); valor que se modificó de acuerdo al tipo de preenfriamiento y temperatura de almacenamiento que se utilizó, disminuyendo hasta 130 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta fresca en el caso de los frutos refrigerados y a 229 mg de ácido gálico 100 g⁻¹ de fruta fresca en los frutos almacenados a temperatura ambiente.

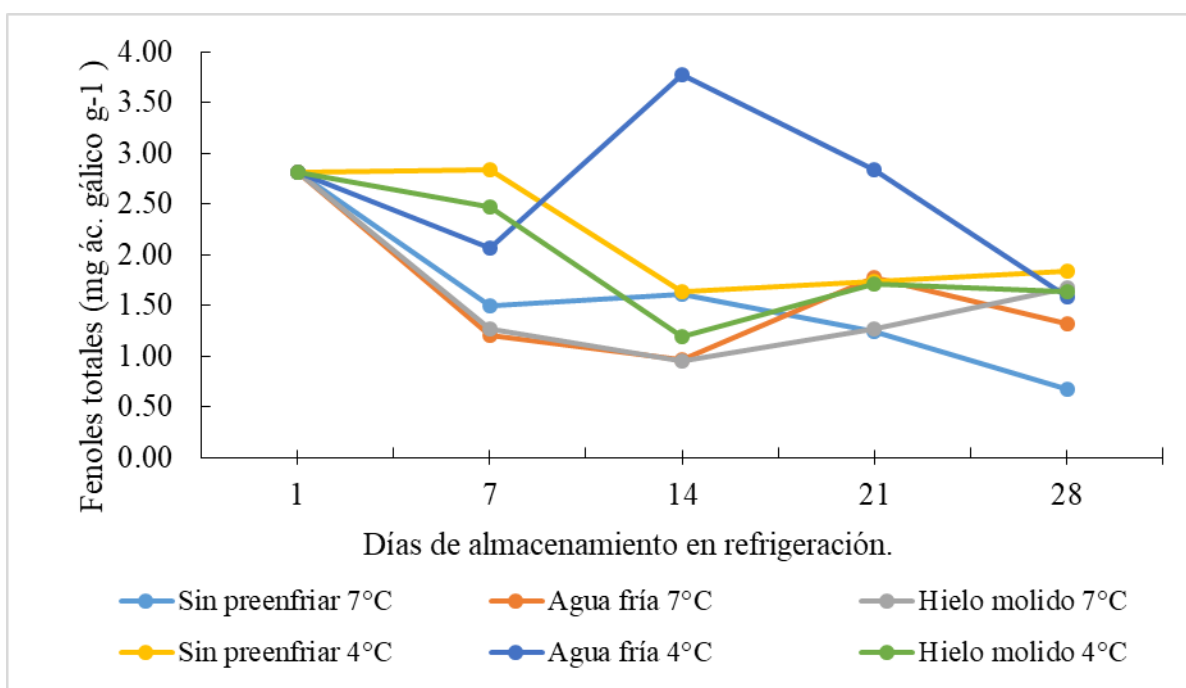


Figura 18. Contenido de fenoles totales de frutos de arándano “ojo de conejo”, con o sin preenfriamiento, almacenados en refrigeración.

VII. CONCLUSIONES

Bajo condiciones de refrigeración, se conserva la calidad y alarga la vida de anaquel de los frutos arándano variedad ojo de conejo.

El pre-enfriamiento con hielo molido, seguido de un almacenamiento a temperatura ambiente (20 °C), mantiene el peso fresco y diámetro polar, hasta el día 5; no afectándose el diámetro ecuatorial, forma, contenido de humedad, firmeza y color.

El pre-enfriamiento con agua fría junto con un almacenamiento a 7 °C alarga la apariencia física de los frutos de arándano, para su consumo en fresco.

El preenfriamiento con agua fría o no pre-enfriar, junto con un almacenamiento a temperatura ambiente (20 °C), acelera el proceso de deshidratación y proceso de senescencia de los frutos de arándano, reflejado en un alto contenido de sólidos solubles totales y mayor acidez de la fruta. Mismo comportamiento se obtiene al no pre-enfriar e inmediatamente pre-enfriar a 4 °C.

El contenido de antocianinas en los frutos de arándano, se modifica con el tiempo de almacenamiento una vez cosechados, no siendo determinante la temperatura.

El contenido de fenoles totales en los frutos de arándano, se modifica con el tiempo de almacenamiento una vez cosechados, y con la temperatura a la cual es almacenada y/o conservada la fruta.

VIII. LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. (Association Of Official Analytical Chemist). 1998. Official methods of analysis. Arlington. Revista de la American Oil Chemists ´Society 75 (4): 541-545.
- Alibas I., and Koksall, N. 2015. Forced-air, vacuum, and hydro precooling of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. *botrytis* cv. Freemont). Determination of quality parameters during storage. Food Science and Technology 35(1): 45-50.
- Angón-Galván P., N.F. Santos-Sánchez y G. Hernández –Carlos. 2006. Índices para la Determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto. Temas de Ciencia y Tecnología 10: 30.
- Artés Calero F., Artés-Hernández F., Aguayo E. y Gómez P. 2015. Cálculos frigoríficos en industrias pequeñas y artesanales de productos mínimamente procesados de IV y V gamas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 16 (2):152-157.
- Ashrae H. 2010. Methods of precooling fruits, vegetables, and cut flowers. In: Refrigeration systems and applications. Atlanta: SI Ed. Cap.28. pp: 1-10.
- Badui D.S. 2006. Química de los alimentos. 4 ed. PEARSON. México. 736 PP.
- Ballinger W. E., Maness E. P. and McClure W. F. 1978. Relationship of stage of ripeness and holding temperatures to decay development of blueberries. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:130-134.
- Ballington J.R. 2001. Collention, utilization, and preservation of genetic resourcers in *Vaccinium*. HortScience 36(2): 213-220.
- Bañados M. P. 2007. Poda en verde en arándanos. Revista Agronómica Forestal. UC 31:16- 19.
- Basiouny F. and Y. Chen. 1988. Effects of harvest date, maturity and storage intervals on postharvest quality of rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade). Proceedings of the Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society 101: 281-284.
- Brosnan T. and Sun D.W. 2001. Precooling techniques and applications for horticultural products- a review. Int. J. of Refrigeration 24: 154-170.
- Bruno Y. 2008. Arándanos; situación y perspectivas. Anuarios OPYPA 2008: 187-196. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/opypa/ANUARIOS/Anuario08/material/pdf/16.pdf> Consultado 15 mar. 2011.

- Chitarra M.I.F. y Chitarra A.B. 2005. Póscolheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA. 785p.
- Giordia M., García J.C., García G. 2007. El Cultivo Del Arándano. Oviedo, Serida. 109 P.
- Clark J. R., Howard L. and Talcott S. 2002. Variation in phytochemical composition of blueberry cultivars and breeding selections. *In: Proc Seventh International Symposium on Vaccinium Culture. Acta Hort.* 574: 203-207
- Connor A., Luby J., Hancock J., Berkheimer S. y Hanson E. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold temperature storage. *Agriculture Food Chem* 50 4: 893-898.
- Cordenunsi B., Olivera J., Genovese M. and Lajolo F. 2002. Influence of cultivar on quality parameters and chemical composition of strawberry fruit grown in Brazil. *J. Agric. Food Chem.* 50 (9): 2581-2586
- Cronquist A. 1981. An Integrated system of clasification of flowering plants. US. University Press. 1,262 p.
- De Felice S. 2002. FIM rationale ando proposed guidelines for the nutraceutical research y education act- NREA. Fim's 10th nutraceutical conference november 10-11. The waldorf- astoria , New York City. Disponible: [Http://www.fimdefelice.org/archives/arc.researchact.html](http://www.fimdefelice.org/archives/arc.researchact.html) (last accessed march, 2017)
- Eccher T., Carotti E., Gibin M. 2010. Controlledatmosphere storage of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and rabbiteye blueberries (*V. ashei*). *Acta Horticulturae* 857: 373-380.
- Feng C., Su S., Wang L., Wu J., Tang Z., Xu Y. 2016. Antioxidant capacities and anthocyanin characteristics of the black – red wild berries obtained in Northeast China. *Food Chemistry* 204: 150-158.
- Fiskaa H.S., Borge G. I., Bengtison G. B., Bilger W., Berge A., Haffner K., Asbjørn S.K. 2007. Phenolics contents and other health and sensory properties of apple fruit (*Malus domestica* Borkh., cv. aroma): Effects of post harvest UV-B irradiation. *Postharvest Biol Tec* 45:1- 10.
- Forney C. 2009. Postharvest Issues in Blueberry and Cranberry and Methods to Improve Market-Life. *Atlantic Food and Horticulture Research Centre* 810: 785-798.

- García J., García G., y Ciorda M. 2013. Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. 12p.
- Garrido Y., Tudela J.A. and Gil M.I. 2015. Comparison of industrial precooling systems for minimally processed baby spinach. *Postharvest Biology and Technology* 102: 1-8.
- Garzón G. A., Narváez C. E., Riedl K.M., Schwartz S.J. 2010. Chemical composition, anthocyanins, non – anthocyanin phenolics and antioxidant activity of wild bilberry (*Vaccinium meridionale* Swartz) from Colombia. *Food Chem.* 122: 980-986.
- Gaviria M. C., Ochoa O. C., Sánchez M. N., Medina C. C., Lobo A. M. y Galeano García. 2009. Actividad antioxidante e inhibición de la peroxidación lipídica de extractos de frutos de mortiño (*Vaccinium meridionale* SW). *B Latinoam Caribe PL.* 8(6):520-528.
- Giusti M., Wrolstad R. 2001. Anthocyanins characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *In: Current protocols in food analytical chemistry* (R.E. Wrolstad ed.) New York, USA. pp: F1.2.1–13.
- Godoy C. 2004. Conservación de dos variedades de arándano alto en condiciones de frío convencional. *Revista FCA* 36: 53-61.
- Gough R.E. 1994. The highbush blueberry and its management. New York, Food Products Press. 272 p.
- Gündüz K., S. Serçe and J.F. Hancock. 2015. Variation among highbush and rabbiteye cultivars of blueberry for fruit quality and phytochemical characteristics. *J. Food Compos* 38:69-79.
- Hernández D. 2014. Estudio nutrimental de Arándano Azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Biloxi en Los Reyes, Michoacán. Tesis doctoral. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México.
- Hicklenton P. R., Reekie J. Y. C., MacKenzie K., Eaton L. J., Havard P. 2002. Freeze Damage and Frost Tolerance Thresholds for Flowers of the Lowbush Blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait:). *ISHS Acta Hort.* 574: 193-201
- Howard L. R., J. R. Clark and C. Brownmiller. 2003. Antioxidant capacity and phenolic content in blueberries as affected by genotype and growing season. *Journal of the Science of Food and Agruculture* 83:1238-1247.
- Huber K. y Embuscado M., 2004. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. 1era. edición, Springer, London. pp: 2, 4, 6.

- Hülya OH. 2007. Total antioxidant activities, phenolics, anthocyanins, polyphenoloxidase activities of selected red grape cultivars and their correlations. *Sci Hortic* 111:235-241.
- Huynh N., Wilson M., Eyles A. and Stanley R. 2019. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium sp.*), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*rubus sp.*). In 'tifblue' rabbiteye blueberry. *International journal of fruit* 9:687–707.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos* . 9P.
- Kader A. A. 2007. *Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas*. Tercera Edición, Universidad de California Centro de Información e investigación en Tecnología Postcosecha.
- Kader A., 2011, *Tecnología Postcosecha de Cultivos Hortofrutícolas*, 3era. edición, Peer Reviewed, California, United States of America. pp: 413-415.
- Kader A.A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, California. pp: 55-62.
- Kavitha M., Divya k., Sankari A. y Kayalvizhi K. 2020. Application of technologies in fruits and vegetable processing industry. *Biotica Research Today* 2(10): 1080-1083.
- Lallu N., Yearsley C.W. e Elgar H.J. 2000. Effects of cooling treatments and physical damage on tip rot and postharvest quality of asparagus spears. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, New Zealand 28 (1): 27-36.
- Laurin E., Nunes M.C.N., Emond J.P. 2005. Re-cooling of strawberries after air shipment delays fruit senescence. *Acta Hortic.* 682: 1745-1752.
- Lockwood B. 2007. *Nutraceuticals. A guide for healthcare professionals*. 2 ed. Pharmaceutical press.
- Lyrene P. M. and Williamson J. G. 2004. *Protecting blueberries from freezes in Florida*. University of Florida IFAS Extension. HS 968: 8pp.
- Maust B. E., Williamson J. G. and Darnell R. L. 1999. Flower bud density affects vegetative and fruit development in field-grown southern highbush blueberry. *HortScience* 34 (4): 607-610.
- McGuire R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort Science*. 27:1254-1255.

- Miller W. R., McDonald R. E., Melvin C. F. and. Munroe K. A. 1984. Effect of package type and storage-time temperature on weight loss, firmness and spoilage of rabbiteye blueberries. *Hortscience* 19:638-640.
- Mitcham E.J., C.H. Crisosto y A.A. Kader. 2007. Bayas (Berries): zarzamora (mora), arándano azul, arándano rojo, frambuesa. Recomendaciones para Mantener la calidad postcosecha. En línea: http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Bayas_Berries/; consulta: 06 Noviembre de 2011.
- Moncayo M.D. 2013. Desarrollo de un recubrimiento comestible a partir de un biopolímero para prolongar la vida útil de frutas frescas. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá Institutos Interfacultades Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA).: Disponible: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/50858> (Acceso: 10 de noviembre 2022)
- Moore J.N. 1994. Cultivars, breeding, and culture of blueberries in North America. *Acta Hort.* pp: 11-16.
- Moyer R. A., Hummer K. E., Finn C. E., Frei B., and Wrolstad R. E. 2002. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *rubus*, and *ribes*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(3): 519-525.
- Nunes M.C., Emond J.P., Brecht J. 2004. Quality curves for highbush blueberries as a function of the storage temperature. *Proceedings of the Ninth North American Blueberry Research* 3 (3): 423-438.
- Olivas G. y Barbosa G. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 45: 657-670.
- Öpik H. y S. Rolfe. 2005. *The physiology of flowering plants*. Cambridge University Press, Cambridge. 4th ed. 392 p.
- Otto S. 1995. *Backyard berry book* washburd WI. Chequa megon books. Ottographics. 288p.
- Pannunzio A. 2010. *Estudios de sustentabilidad de los sistemas de riego en arándanos*. Buenos Aires, Orientación Gráfica Editora. 96 p.
- Pelayo C., S.E. Eleber and A.A. Kaderg. 2001. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 8C in air or air/20 kPa CO₂. *Postharvest Biology and Technology* (27) 171:183.

- Pérez C. 2018. Análisis de la cadena productiva del arándano en México y Chile. *Revista mexicana de estudios sobre la Cuenca del Pacífico* 12 (23): 31-62.
- Picinelli L.A., Suárez V.B, Simal F.S. y Reche L.C. 2019. Aprovechamiento de subproductos de la industria alimentaria: alcachofa y champiñón. *Tecnología agroalimentaria*. 22: 32-34.
- Pino C. 2007. Descripción del desarrollo vegetativo y de las características físicas y químicas de los frutos de cuatro clones de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.). Tesis para grado de Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile.
- Portillo C. O. 2013. Efecto de las condiciones de almacenamiento y preenfriamiento sobre las propiedades fisicoquímicas en frutos de arándano con diferente tecnología de producción. Tesis de licenciatura. Universidad Interserrana del Estado De Puebla-Ahuacatlán., Puebla Mexico.
- Rao C.G. 2015. Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage. Academic Press 859p.
- Reid, M.S. 2002. Maturation and maturity índices. *In*: Kader, A.A. (ed.) (Postharvest technology of horticultural crops). 3th edition. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, California. 535:55-62 p.
- Reina L.D., Fleming H.P. and Humphries E.G. 1995. Microbiological control of cucumber hydrocooling water with chlorine dioxide. *Journal of Food Protection* 58(5): 541-546.
- Retamales J. B. y J.F. Hancock. 2012. Blueberries. *Crop production science in horticulture*. 21: 323 pp.
- Rieger M. 2006. Introduction to fruit crops. Foods products press. New york USA. 48-53. 462 p.
- SAGARPA. (Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2015.. Cierre de la producción por cultivo. 99. Disponible:http://infosiap.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=35 0 Consulta 20 de octubre de 2015.
- Sandoval A. 2013. Uso de luz UV-C en la calidad del arándano azul (*Vaccinium Ashei* Reade). Trabajo de Grado para Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mexico.

- Schotsmans W., Molan A. and MacKay B. 2007. Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. *Postharvest Biol. Technol.* 44: 277–285.
- Shoemaker J. 1975. Blueberries. pp. 249-285. *In: Small Fruit Culture*. The Avi Publishing Company, Westport, Connecticut. 368 p.
- SIAP (Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Base de datos: Cultivos Agrícolas Cíclicos Perenes- Arándano, entidad federativa. Sagarpa, México. Disponible: <https://www.gob.mx/siap/prensa/atlas-agroalimentario-2017> (Consulta 09 de septiembre del 2018).
- SIAP-FAOSTAT.2012. Servicio de información Agroalimentaria y pesquera de la Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentacion. Base de datos de producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://siap.gob.mx> Accesado: 2 de septiembre de 2013.
- Sinelli N., Spinardi A., Di Egidio V., Mignani I. y Casiraghi E. 2008. Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. 50: 31-36 pp.
- Song G., Hancock J. 2011. Basic botany of vaccinium. *In: C. Kole (ed.). Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources, Temperate Fruits*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp: 197-221.
- Spiers J. M. 1978. Effect of stage of bud development on cold injury in rabbiteye blueberry J. amer. Soc. HortScience 103 4:452-455.
- Spiers J. M., S. J. Stringer A. D. Draper and C. L. Gupton. 2002. ‘Biloxy’ southern highbush blueberry. *In: VII International Symposium on Vaccinium Culture* 574: 153-155.
- Strik B., Buller G. and Hellma E. 2003. Pruning severity affects yield, berry weight and hand harvest efficiency of highbush blueberry. *HortScience* 38:196-199.
- Stückrath R. y G. Petzold. 2007. Formulación de una pasta gelificada a partir del descarte de arándanos. *Información Tecnológica* 18(2): 53-60.
- Tetteh, M. K. 2002. Measuring blueberry firmness and modeling quality changes for delays in cooling using the FirmTech II. M.S. Thesis, University of Georgia, Athens, Georgia, USA.

- Thompson J.F., Gordon M.F. Kasmire R.F. 2002. Cooling Horticultural Commodities. *In*: Kader A.A. Ed. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University Of California. pp: 97-112
- Thompson J.F., Mejia D.C., Singh R.P. 2001. Energy use of commercial forced-air coolers for fruit. *Appl. Eng. Agric.* 26: 919-924.
- Thompson J.F., Mitchell F.G., Kasmire R.F. Enfriamiento de productos hortícolas. 2007. Cap. 11. *In*: Kader, A.A. (Ed). Tecnología Poscosecha de Cultivos Hortofrutícolas. Centro de Información e Investigación en Tecnología Postcosecha División de Agricultura y Recursos Naturales, Universidad de California Davis, California. pp 111-130.
- Valko M., Leibfritz D., Moncol J., Cronin M. T. D., Mazura M. y Telser J. 2007. Free radicals y antioxidants in normal physiological functions y human disease. *The International Journal of Biochemistry y Cell Biology.* 39: 44-84.
- Velioglu Y., Mazza G., Gao L., Oomah B. 1998. Antioxidant activity and total phenolics *in* selected fruits, vegetables, and grain products. *J. Agric. Food Chem.* 46: 4113–4117.
- Vicente A.R., Pineda C., Lemoine L., Civello P.M., Martinez G.A., Chaves A.R. 2005. UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper. *Postharvest Biol. Technol.* 35: 69-78.
- Vigneault C., Goyette B., Gariépy Y., Cortbaoui P., Charles M.T., and Raghavan V.G.S. 2007. Effect of ear orientations on hydrocooling performance and quality of sweet corn. *Postharvest Biology and Technology* 43(3): 351-357.
- Wildman R.E.C. and Kelley M. 2007. Handbook of nutraceuticals and functional foods. R.E.C. Wildman. 2 ed. Boca raton, Fla. CRC Press. 1-21 pp.
- Wills R., B. McGlasson D. Graham y D. Joyce. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Nueva York. 262.
- Yang W. 2002. Issues in leaf tissue and soil testing. *Oregon Blueberry Newsletter* 2 (3): 2.
- Zapata L., Heredia A., Malleret A., Quinteros F., Cives H. y Carlazara G. 2013. Evaluación de parámetros de calidad que ayuden a definir la frecuencia de recolección de bayas de arándanos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 14 (2). Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81329290013>

- 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. Universidad Nacional de Entre Ríos Concepción del Uruguay Argentina, vol. XXI, núm. 41, pp. 159-171
- Zheng Y., Wang S.Y., Wang C.Y. and Zheng W. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. LWT 40:49-57.

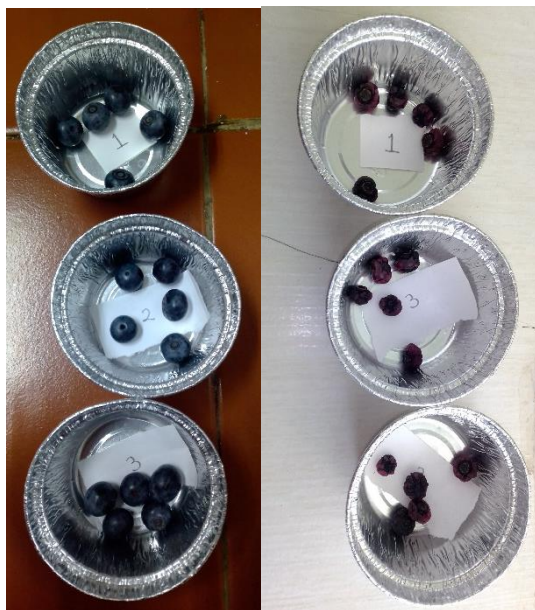
IX. ANEXOS



Anexo 1. Peso de fruto.



Anexo 2. Toma de medidas de los diámetros polares y ecuatoriales.



Anexo 3. Medición del porcentaje de humedad.



Anexo 4. Toma de medición para firmeza.



Anexo 5. Muestras para toma de datos para color.



Anexo 6. Toma de muestra para solidos solubles totales.



Anexo 7. Toma de datos para pH.



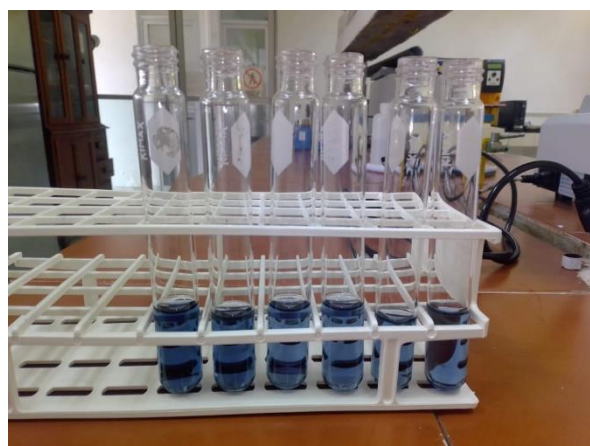
Anexo 8. Procedimiento para tomas de muestra para el gasto en acidez titulable.



Anexo 9. Procedimientos y preparación de antocianinas y fenoles.



Anexo 10. Muestra de Antocianinas.



Anexo 11. Muestra de Fenoles.