

## Comportamiento del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración

Behavior of Agraz Fruit (*Vaccinium meridionale Swartz*) Harvested in  
Different Maturity Stages and Stored Under Refrigeration

Martha Cecilia Rincón Soledad<sup>1</sup>; Claudia Marcela Buitrago Guacaneme<sup>2</sup>;  
Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno<sup>3</sup>; Walter Smith Torres Aponte<sup>4</sup> y Helbert Enrique Balaguera López<sup>5</sup>

**Resumen.** El agraz o mortiño es un frutal promisorio, considerado como un alimento funcional por su contenido de antocianinas, antioxidantes y vitaminas; no obstante, es un fruto altamente perecedero que pierde rápidamente su calidad comercial y nutricional. El objetivo fue evaluar el comportamiento de frutos de agraz cosechados en tres estados de madurez y almacenados en condiciones de refrigeración. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3, donde el primer factor fue la temperatura de almacenamiento: 1, 8 y 20 °C; el segundo factor correspondió al estado de madurez: 3, 4 y 5, el cual se estableció de acuerdo al color de la epidermis del fruto. Se realizaron mediciones de calidad del fruto. Los resultados indicaron que los frutos almacenados a 8 °C en estado de madurez 3 y 4 conservaron las características de calidad comercial hasta los 45 días y para el estado 5 sólo hasta los 25 días. Mientras que a temperatura ambiente los frutos conservaron su vida útil hasta los 21 días en los diferentes estados de madurez evaluados. Los frutos del estado 3 y almacenados a 1 °C tuvieron mayor firmeza y acidez total titulable, un alto contenido de sólidos solubles totales y la menor relación de madurez. Para mantener la calidad del fruto de agraz por largo tiempo, se recomienda refrigerar los frutos, en el estado 3 de madurez, a 1 °C.

**Palabras clave:** Poscosecha, perecibilidad, frutales andinos, estado de maduración.

**Abstract.** The Ericaceae agraz or mortiño is a promising fruit, considered as a functional food for its high content of anthocyanins, antioxidants and vitamins. It is a highly perishable fruit that quickly loses its commercial and nutritional quality. The objective was to evaluate the behavior of unripe fruits harvested at three maturity stages and stored under refrigeration. It was used a completely randomized design with 3x3 factorial arrangement, where the first factor was the storage temperature: 1, 8 and 20 °C; the second factor corresponded to maturity: 3, 4 and 5, which was established according to the color of the fruit skin; it was made measurements of fruit quality. The results indicated that the fruits stored at 8 °C in maturity stages 3 and 4 retained characteristics commercial grade to 45 days and only state 5 to 25 days. While the fruit at room temperature retained life to 21 days in different maturity stages evaluated. The state 3 fruits stored at 1 °C had higher firmness and total titratable acidity, high total soluble solids content and lower maturity ratio. To maintain the agraz fruit quality for longer time, it is recommended to harvest at state 3 and then be stored at 1 °C.

**Key words:** Postharvest, perishability, andean fruits, ripening stage.

Uno de los aspectos básicos para el desarrollo de los cultivos frutales es el aumento de la demanda de frutas frescas y mínimamente transformadas por parte de los consumidores, lo que a su vez incrementa el uso de recursos genéticos cultivados, tanto los que permanecen *in situ*; por ejemplo, poblaciones espontáneas, como los que se mantienen en huertos caseros y en pequeñas áreas de agricultura familiar (Ligarreto, 2009). El agraz o mortiño pertenece a la familia Ericaceae, subfamilia Vaccinioideae, tribu Vaccinieae (Abreu *et al.*, 2008), es

un arbusto pequeño (Ávila *et al.*, 2007) cuyos frutos son bayas globosas de color verde en estado inmaduro y morado oscuro, casi negro, en su madurez (Magnitskiy y Ligarreto, 2009); el diámetro ecuatorial de los frutos oscila entre 7-15 mm, el peso fresco varía de 1,6 a 6,8 g y el número de semillas entre 15 y 37, dependiendo el tamaño del fruto (De Valencia y Ramírez, 1993).

El agraz es un fruto altamente perecedero con comportamiento climatérico, que una vez alcanza

1 Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia. <mcrincons@unal.edu.co>

2 Ingeniera Agrónoma. Agointegral Andina S.A. Autopista Medellín km 7,5 Parque Industrial Bodega 5. Tenjo Cundinamarca, Colombia. <mbuitragog@agointegral.com>

3 Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia. <galigarretom@unal.edu.co>

4 Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá - Facultad de Agronomía. Carrera 45 No. 26-85, Bogotá, Colombia.

5 Ingeniero Agrónomo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia - Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Central del Norte, Tunja, Boyacá, Colombia. <enrique\_balaguera@yahoo.com>

Recibido: Febrero 23 de 2012; aceptado: Agosto 24 de 2012.

el estado de máxima calidad, le sobreviene rápidamente la sobremadurez, asociado a un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y color, que conllevan a la pérdida de la calidad comercial y nutricional. El estado de madurez en que se cosecha el fruto de agraz puede ser uno de los parámetros a tener en cuenta para incrementar la vida útil de los frutos; se sabe que este factor determina el comportamiento poscosecha y la calidad final; y asimismo, está relacionado con los prerrequisitos por parte de los consumidores y comercializadores (Santamaría *et al.*, 2009; Delwiche, 1987). Adicionalmente, el periodo comprendido entre la cosecha y el consumo, debe ser rigurosamente controlado con un manejo adecuado de la temperatura. No obstante, en agraz, se desconoce el efecto que pueda tener el estado de madurez sobre la calidad poscosecha, al igual que la temperatura óptima de almacenamiento de estos frutos. En concordancia, Schotsmans *et al.* (2007) afirman que factores como el tiempo de cosecha, las condiciones de almacenamiento y el empaque, entre otros, determinan la conservación de la calidad de los frutos del género *Vaccinium*.

El manejo de la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la calidad de los productos frescos, existiendo una temperatura óptima de almacenamiento para cada producto (Paliyath *et al.*, 2008). El almacenamiento a baja temperatura es una tecnología importante para desacelerar el proceso de deterioro fisiológico y patológico de los frutos (Paliyath *et al.*, 2008; Téllez *et al.*, 2007) y mantener la calidad por más tiempo (Paliyath *et al.*, 2008; Shin *et al.*, 2008). De acuerdo con Ávila *et al.* (2007), el agraz pertenece a la familia de los "blueberries" norteamericanos (*Vaccinium* spp., con frutos azul oscuros), que según Kader (2002) no son susceptibles a temperaturas bajas en poscosecha, incluso los frutos pueden ser almacenados a temperaturas entre 0 y 1,5 °C (Schotsmans *et al.*, 2007; Harb y Streif, 2004); en correspondencia, Ávila *et al.* (2007) informan sobre almacenamiento del fruto de agraz a 2 °C.

Por otro lado, la tasa de senescencia del fruto de agraz depende del estado de desarrollo en el momento de la cosecha, que además determina la calidad organoléptica (Lalel *et al.*, 2003). En frutos climatéricos, aquellos que se han cosechado en estados menos avanzados de maduración, pueden tener mayor vida poscosecha; sin embargo, en frutos de arándano los resultados son contradictorios (Ozgen *et al.*, 2002). Por ejemplo, Beaudry *et al.* (1998)

establecieron que el 82% de los frutos de arándano maduros almacenados 49 días a 3 °C presentaban características deseables para la comercialización; pero en frutos de esta misma especie, Hancock *et al.* (2008) observaron que frutos recolectados con un 30% de madurez, no presentaron mejor comportamiento durante un periodo de 30 días de almacenamiento respecto a los cosechados con 100% de color azul; además, solo unos pocos frutos pudieron expresar el color de manera normal.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento de frutos de agraz cosechados en tres estados de madurez y almacenados en diferentes condiciones de refrigeración, con el fin de aumentar el periodo de vida útil de los frutos, conservando la calidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de agraz fueron recolectados en una plantación localizada a 5° 31'15" N y 73°43'39" O y a una altura de 2.615 msnm en el municipio de San Miguel de Sema (Boyacá, Colombia). El municipio presenta una temperatura media anual de 13 °C, precipitación que oscila entre 1.000 a 1.300 mm anuales. Los análisis de los distintos tratamientos fisicoquímicos y de almacenamiento se efectuaron en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x3, donde el primer factor fue la temperatura de almacenamiento: 1, 8 y 20 °C (registrada de acuerdo a mediciones hechas en el área donde se localizó el experimento); el segundo factor correspondió al estado de madurez: 3, 4 y 5. Se realizaron 3 repeticiones por tratamiento, con un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental estuvo compuesta por 60 g de frutos. Los estados de madurez se establecieron de acuerdo a las características definidas por Ribera *et al.* (2010) con algunas modificaciones en relación al color de la epidermis del fruto (Tabla 1).

Los frutos se cosecharon en los tres estados de madurez (E3, E4 y E5), se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio y se dejaron secar a temperatura ambiente; posteriormente, se empacaron 60 g en caja PET, con tapa perforada y capacidad para 125 g, y se almacenaron a las temperaturas

establecidas. Para los tratamientos de refrigeración (1 y 8 °C) se usó un cuarto frío con humedad relativa (HR) de 85±5%, los demás frutos fueron dejados a temperatura ambiente (20 °C).

Los análisis fisicoquímicos se efectuaron a los 0, 15, 30, 45 y 55 días después de almacenamiento (dda). Las variables medidas fueron: pérdida de peso, determinada mediante balanza de precisión con aproximación 0,001 g; firmeza, medida sobre la epidermis de los frutos usando un penetrómetro digital PCE-PTR200 con aproximación 0,05 N; sólidos solubles totales (SST), medidos con un refractómetro

digital Hanna® de rango 0 a 85%, los resultados se expresaron en grados Brix; acidez total titulable (ATT), realizada mediante titulación potenciométrica de 5 mL de zumo hasta alcanzar un pH de 8,2; y la relación de madurez (RM), calculada a través de la proporción SST/ATT. La temperatura y humedad relativa de todos los tratamientos durante el ensayo fue monitoreada con un termohigrómetro digital Litz Instruments® LZ-05TH.

Se realizó análisis de varianza factorial y se determinó la prueba de rango múltiple de Tukey (5%) para comparación de promedios. Para el procesamiento de los datos se utilizó el software SAS® V. 9.4.

**Tabla 1.** Descripción de los estados de madurez del fruto de agraz.

Estado de madurez (E)	Color de la epidermis	Descripción CIELab
3	Rojo	L* =27,502 a* =19,812 b* =10,342
4	Morado	L* =24,612 a* =13,283 b* =5,937
5	Morado oscuro	L* =20,831 a* = 4,026 b* =1,140

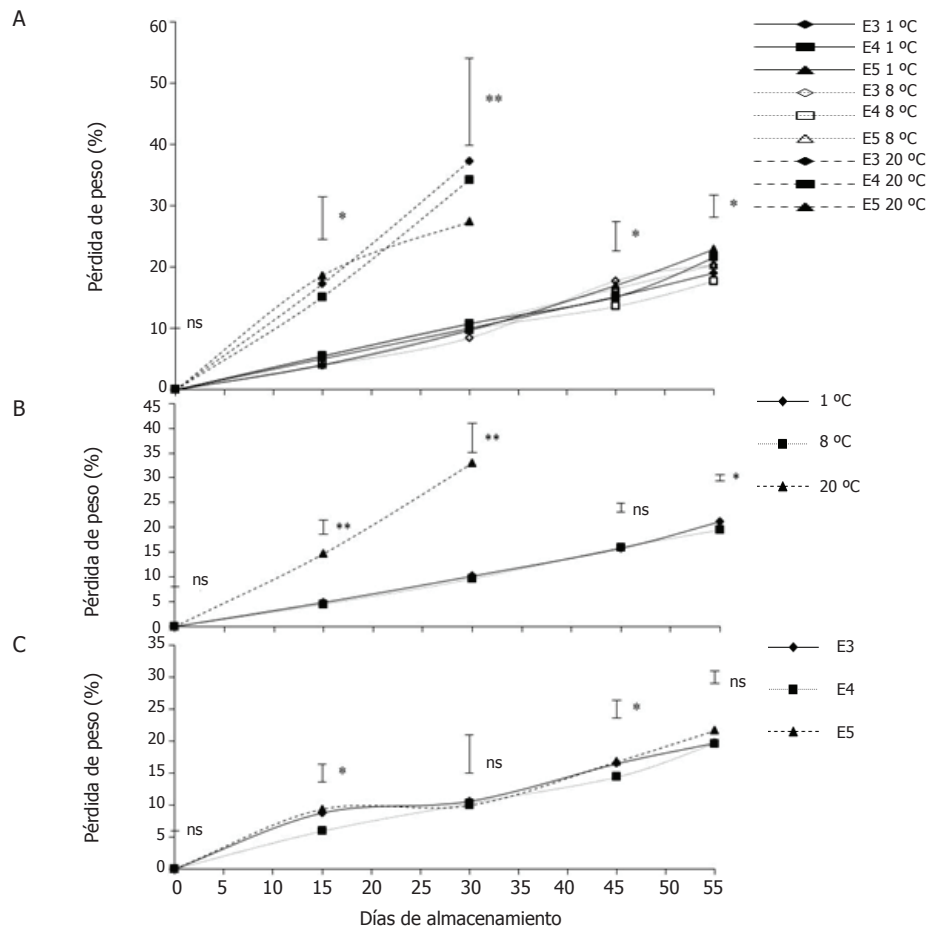
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura de almacenamiento tuvo mayor influencia en el comportamiento poscosecha de los frutos de agraz, en comparación con los estados de madurez; razón por la cual, sólo fue posible realizar mediciones hasta los días 30 y 55 en los frutos almacenados a temperatura ambiente (20 °C) y en refrigeración, respectivamente.

**Pérdida de peso.** La pérdida de peso durante el almacenamiento incrementó continuamente. Hubo diferencias significativas entre tratamientos. Los frutos recolectados en estado 4 y almacenados a 8 °C presentaron la menor pérdida de peso (17,5% en el día 55); por su parte, los frutos en estado 3 y almacenados a 20 °C tuvieron la mayor pérdida de peso (37,3%) a los 30 días (Figura 1A); esto se debe posiblemente a que los últimos frutos tuvieron una mayor desintegración celular, con paredes y membranas celulares débiles que permitieron la salida de agua por transpiración a mayor velocidad; además,

podieron tener mayor tasa respiratoria utilizando en mayor grado las reservas presentes en el fruto, como ácidos y azúcares principalmente (Kays, 2004).

El factor temperatura de almacenamiento mostró diferencias estadísticas a los 15, 30 y 55 días; a 20 °C se observaron las mayores pérdidas de peso. Aunque en casi todo el experimento no hubo diferencias entre 1 y 8 °C, al final del almacenamiento se presentó menor pérdida de peso a 8 °C (Figura 1B). Respecto a los estados de madurez, el estado 5 tuvo mayor pérdida de peso, y sólo se observaron diferencias estadísticas a los 15 y 45 días (Figura 1C). Burg (2004), menciona que la mayoría de los frutos pierden su frescura cuando transpiran más del 3 al 10% de su peso fresco, dependiendo de la especie, por lo cual, a temperatura ambiente, los frutos de agraz pierden rápidamente la calidad comercial, mientras que en refrigeración este tiempo se extiende considerablemente (Figura 1), siendo la baja temperatura una tecnología eficiente para disminuir la senescencia de los frutos (Téllez *et al.*, 2007).



**Figura 1.** Pérdida de peso de frutos de agraz cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados en tres temperaturas. A: Efecto de tratamientos, B: Efecto de la temperatura, C: Efecto de los estados de madurez. La barra representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar los promedios, de acuerdo con la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios en cada punto de muestreo son mayores al LSD, entonces habrá diferencia a un  $\alpha$  de 0,05. ns: sin diferencias significativas, \*Diferencias significativas al 5%, \*\*Diferencias altamente significativas al 1%.

En concordancia, Núñez *et al.* (2005) observaron que en arándano el almacenamiento a 1 °C reduce notablemente la pérdida de peso de los frutos, dado que los procesos de transpiración y respiración que determinan la pérdida de peso disminuyen a bajas temperaturas (Ávila *et al.*, 2007. La epidermis regula la pérdida de agua en los frutos (Kader, 2002) y al parecer actúa de manera más efectiva en los frutos de agraz del estado 4. Sora *et al.* (2006) también informan sobre mayores pérdidas de peso en frutos de mora cosechados en estados más avanzados de maduración.

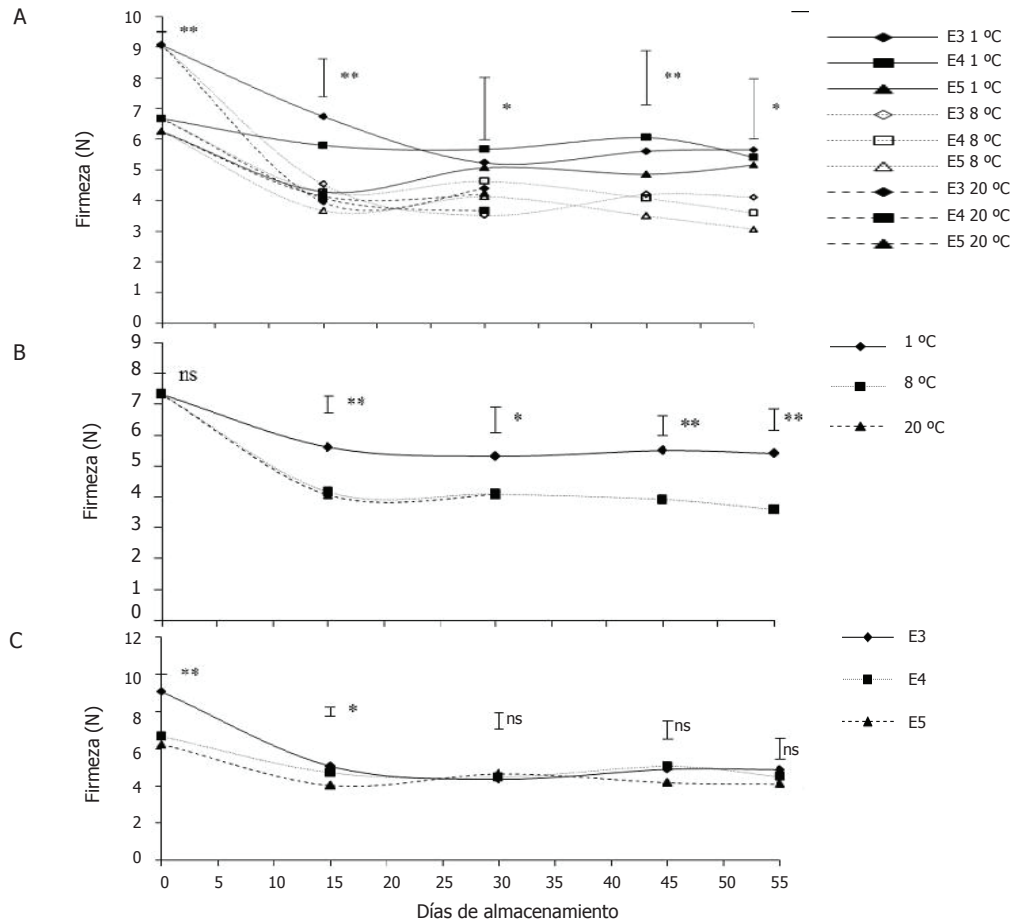
**Firmeza.** Aunque se observaron leves incrementos de la firmeza en algunos muestreos, en general esta variable disminuyó durante el almacenamiento. Respecto al

afecto de tratamientos, se observaron diferencias estadísticas en todos los puntos de muestreo. Al final del almacenamiento los frutos del estado 3 refrigerados a 1 °C registraron mayor firmeza, mientras que los frutos del estado 5 a 8 °C fueron menos firmes (Figura 2A). La temperatura tuvo efecto significativo durante todo el experimento, encontrándose mejor respuesta a medida que la temperatura fue menor (Figura 2B). El estado de madurez sólo generó respuesta significativa a los 0 y 15 días, en el resto del almacenamiento no hubo diferencias estadísticas (Figura 2C). Este resultado concuerda con lo establecido por Zapata *et al.* (2010) para arándanos cv. "Esmerald", donde los frutos con más del 25% del color típico no presentaron cambios representativos en la firmeza.

Las bajas temperaturas minimizan la actividad metabólica del fruto (Sora *et al.*, 2006) causando disminución de la actividad enzimática (Chiabrando *et al.*, 2009), menor pérdida de turgor, mínima degradación de la pared celular y además una baja degradación natural de la lamela media (Morais *et al.*, 2008). Esto explicaría la menor pérdida de firmeza a una temperatura de 1 °C (Figura 2B). Estos resultados coinciden con lo encontrado para arándanos (*V. corymbosum*), donde la refrigeración conservó la firmeza de los frutos (Hancock *et al.*, 2008; Nuñez *et al.*, 2005).

Se observaron diferencias significativas en todos los muestreos. A los 55 días hubo mayor concentración de SST en frutos en estado 5 con el almacenamiento a 1 °C; por el contrario, frutos del mismo estado pero almacenados a 8°C tuvieron el menor valor con 9,6 °Brix (Figura 3A). Se observó un efecto significativo del factor temperatura desde los 15 a los 55 días, con diferencias significativas en todos los tratamientos. Los SST disminuyeron con el almacenamiento a 8 °C y presentaron los valores más bajos al final del almacenamiento, mientras que con 1 °C se obtuvieron los SST más altos, y estos permanecieron estables en todo el experimento (Figura 3B). El estado de madurez fue significativo hasta los 45 días, los frutos recolectados en estado

**Sólidos solubles totales (SST).** El comportamiento de los SST fue irregular a nivel de tratamientos.

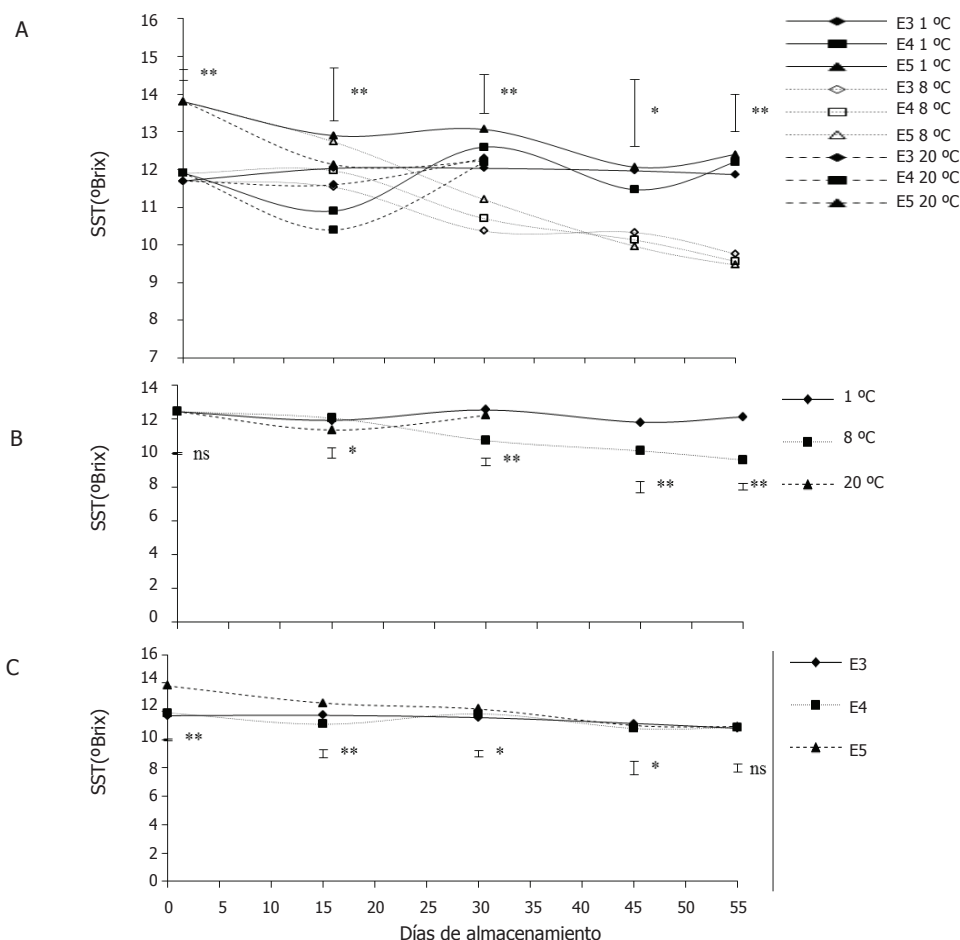


**Figura 2.** Firmeza de frutos de agraz cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados en tres temperaturas. A: Efecto de tratamientos, B: Efecto de la temperatura, C: Efecto de los estados de madurez. La barra representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar los promedios, de acuerdo con la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios en cada punto de muestreo son mayores al LSD, entonces habrá diferencia a un  $\alpha$  de 0,05, ns: sin diferencias significativas, \*Diferencias significativas al 5%, \*\*Diferencias altamente significativas al 1%.

3 y 4 no mostraron variación de los SST durante el almacenamiento, pero en el estado 5 hubo disminución (Figura 3C); no obstante, se presentaron mayores SST al inicio del almacenamiento, esto indica que los frutos que maduran en la planta, pueden alcanzar mayor concentración de SST, pero el gasto de estos compuestos es mayor en poscosecha, respecto a los frutos que se cosechan en menor grado de madurez. Hancock *et al.* (2008) notifican sobre una mayor concentración de SST a medida que los frutos fueron cosechados en mayor grado de madurez.

La disminución de los SST podría estar indicando que compuestos como azúcares y ácidos, principalmente, estarían siendo utilizados como sustratos respiratorios

(Kays, 2004). Según Figueroa *et al.* (2010), los arándanos almacenados a 4 y 5 °C tienen una tasa respiratoria de baja a moderada, pero la misma se eleva de manera considerable a temperatura ambiente; por tanto, cuanto mayor es la tasa respiratoria, más rápido se producen los cambios involucrados en la maduración, incluyendo la disminución de los SST y la pérdida de calidad. De acuerdo con lo anterior, el almacenamiento de los frutos de agraz a 1 °C estaría disminuyendo la tasa respiratoria y en consecuencia, los niveles de SST se mantienen más altos. A temperatura ambiente se observó un leve aumento de los SST al final del almacenamiento, el cual puede estar determinado no por un aumento de los azúcares y ácidos, sino por una disminución



**Figura 3.** Sólidos solubles totales de frutos de agraz cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados en tres temperaturas. A: Efecto de tratamientos, B: Efecto de la temperatura, C: Efecto de los estados de madurez. La barra representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar los promedios, de acuerdo con la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios en cada punto de muestreo son mayores al LSD, entonces habrá diferencia a un  $\alpha$  de 0,05, ns: sin diferencias significativas, \*Diferencias significativas al 5%, \*\*Diferencias altamente significativas al 1%.

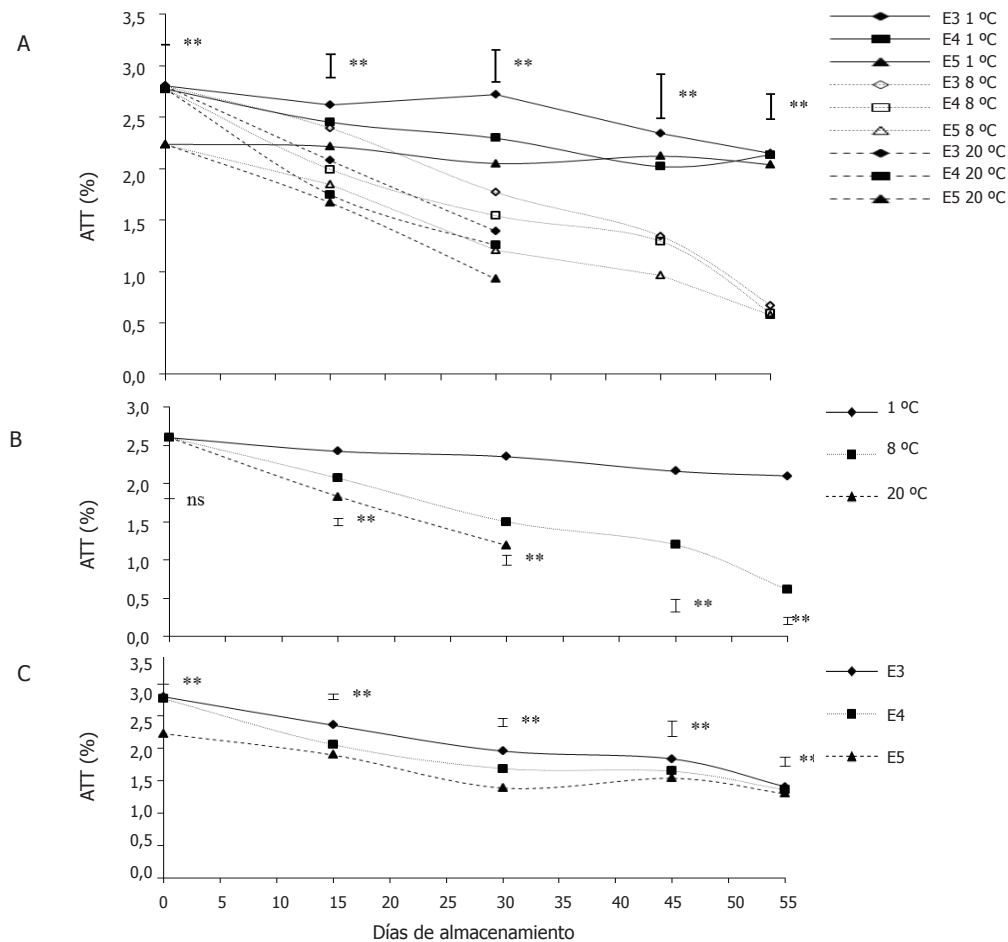


del agua del fruto generada por las altas tasas de transpiración al final del almacenamiento es decir, que se pudo generar un efecto de concentración, tal como lo mencionan Ávila *et al.* (2007) y Álvarez *et al.* (2009).

**Acidez total titulable (ATT).** La ATT disminuyó progresivamente. La mayor ATT observada durante todo el almacenamiento se obtuvo con los frutos del estado 3 y almacenados a 1 °C; la ATT más baja se generó a los 30 días con los frutos del estado 5 almacenados a 20 °C, mientras que a los 55 días esta respuesta se originó con los frutos del mismo estado y refrigerados a 8 °C (Figura 4A). Se observó que la disminución de la ATT fue mayor ( $P < 0,01$ ) a medida

que se aumentó la temperatura de almacenamiento (Figura 4B), debido posiblemente a que las bajas temperaturas reducen la respiración (Kays, 2004) y, por ende, la utilización de ácidos como sustratos respiratorios.

Se presentó una relación inversa entre la ATT y el estado de madurez, observando diferencias estadísticas durante todo el experimento (Figura 4C), semejante a lo encontrado en frutos de arándano por Castrejón *et al.* (2008); consecuentemente, los frutos de agraz cosechados en grado de madurez 3 tuvieron mayor ATT. Estos resultados coinciden con observaciones hechas por Sora *et al.* (2006) en frutos de mora y puede indicar que los frutos



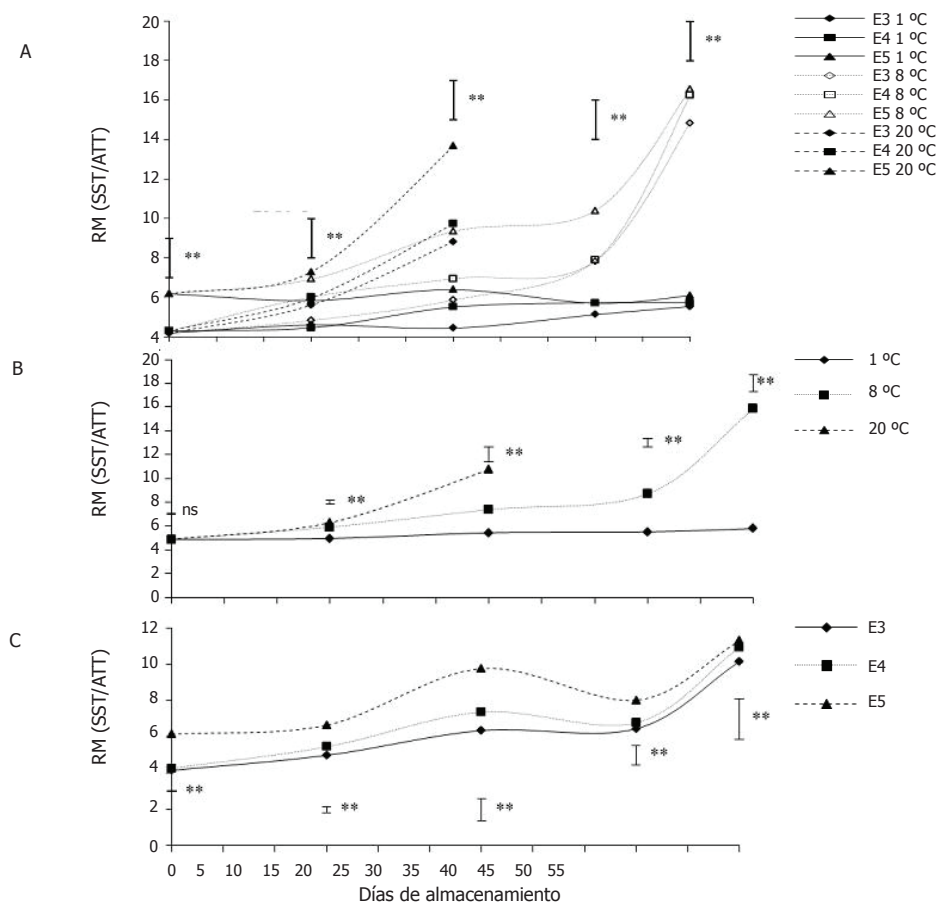
**Figura 4.** Acidez total titulable de frutos de agraz cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados en tres temperaturas. A: Efecto de tratamientos, B: Efecto de la temperatura, C: Efecto de los estados de madurez. La barra representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar los promedios, de acuerdo con la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios en cada punto de muestreo son mayores al LSD, entonces habrá diferencia a un  $\alpha$  de 0,05. ns: sin diferencias significativas, \*Diferencias significativas al 5%, \*\*Diferencias altamente significativas al 1%.

inmaduros tienen un mejor comportamiento en poscosecha, debido a que presentan mayor cantidad de ácidos orgánicos para ser utilizados como sustrato respiratorio, que a su vez puede estar relacionado con una mayor periodo de vida útil.

**Relación de madurez (RM).** Todos los tratamientos, excepto los almacenados a 1b °C, presentaron un incremento en la RM durante el periodo de evaluación, con diferencias estadísticamente significativas en todos los tratamientos (Figura 5A). Los frutos almacenados a 8°C presentaron un incremento constante de RM hasta los 45 días; posteriormente, hubo un aumento acelerado y hasta el final del periodo de almacenamiento, alcanzando valores de 16,55. Los frutos almacenados a 1°C

presentaron un incremento menor, el cual osciló entre 4,29 y 5,70 (Figura 5B). En el factor estado de maduración, se observó un incremento de la RM en función del estado de madurez (Figura 5C). Los datos concuerdan con los resultados de Rivera *et al.* (2010) en frutos de arándano no sometidos a un periodo de almacenamiento, los cuales presentaron una RM de 6, 6,5 a 7 y 12 a 15 en el estado de madurez 3, 4 y 5, respectivamente.

La RM al inicio del periodo de evaluación es comparable con la de frutos de arándano, cultivar Legacy y bluegold (Rivera *et al.*, 2010), de feijoa (Martínez *et al.*, 2008) y mora (Silva *et al.*, 2005); sin embargo, su incremento posterior puede ser debido a una disminución mayor de los ácidos en el fruto



**Figura 5.** Relación de madurez de frutos de agraz cosechados en diferentes estados de madurez y almacenados en tres temperaturas. A: Efecto de tratamientos, B: Efecto de la temperatura, C: Efecto de los estados de madurez. La barra representa el valor estadístico de diferencia mínima significativa (LSD) para comparar los promedios, de acuerdo con la prueba de Tukey. Si las diferencias entre dos promedios en cada punto de muestreo son mayores al LSD, habrá diferencia a un  $\alpha$  de 0,05. ns: sin diferencias significativas, \*Diferencias significativas al 5%, \*\*Diferencias altamente significativas al 1%.



comparada con los azúcares; resultados similares fueron obtenidos por Castillo (2001) en frutos de mora. Rodríguez *et al.* (2006) mencionan que la RM permite medir la calidad organoléptica de los frutos; por ende, su importancia en el sabor del fruto y del jugo, teniendo en cuenta que cuando se tiene un contenido alto de azúcares, el nivel de los ácidos debe ser suficientemente elevado para satisfacer el gusto del consumidor (Osterloh *et al.*, 1996). En la especie *Vaccinium* se considera que a medida que aumenta la RM disminuye el sabor y también la aptitud para su almacenamiento (Keipert, 1981); por lo tanto, los frutos almacenados a 1 °C, como aquellos que se encuentran en el estado de madurez 3, tienen un importante potencial para incrementar la vida poscosecha de los frutos de agraz. En estudios realizados por Castrejon *et al.* (2008) en arándano, se encontró que los frutos de menor grado de madurez tuvieron una RM más baja; estos resultados son similares a los obtenidos en este experimento e igualmente afines con los conseguidos por Rodríguez *et al.* (2005) en frutos de pitahaya amarilla y por Novoa *et al.* (2006) en frutos de uchuva. De otra parte, y en concordancia con lo encontrado para frutos de agraz, en frutos de curuba el almacenamiento refrigerado tuvo un efecto indirecto sobre la la RM (Botia *et al.*, 2008), puesto que los procesos de respiración y transpiración, se reducen a bajas temperaturas (Ávila *et al.*, 2007), lo cual se observa como una baja RM.

De acuerdo a los resultados obtenidos para RM, únicamente los frutos de agraz en los estados de madurez 3 y 4 permanecerían en un estado adecuado para su consumo hasta los 30 días de almacenamiento a 1 y 8 °C, tiempo en el cual alcanzaron una RM menor a 6 y 6,4, respectivamente.

### CONCLUSIONES

El almacenamiento a 1 °C sería una buena alternativa para conservar los frutos de agraz; a esta temperatura se mantiene mayor la firmeza, los sólidos solubles totales y la acidez total titulable, y una menor relación de madurez. Adicionalmente, cosechar los frutos en el estado 3 también ayuda a mantener la calidad de los frutos al presentar valores altos de firmeza y acidez total titulable, y la menor pérdida de peso y relación de madurez. Por tanto, se recomienda cosechar los frutos en el estado de madurez 3 y posteriormente almacenarlos a 1 °C.

### BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, O., A. Cuéllar y S. Prieto. 2008. Fitoquímica del género *Vaccinium* (Ericaceae). Revista Cubana Plantas Medicinales 13(3): 1-11.
- Álvarez, J.G., H.E. Balaguera y J.F. Cárdenas. 2009. Caracterización fisiológica del fruto de champa (*Campomanesia lineatifolia* Ruiz. & Pavón), durante la poscosecha. Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica 12(2): 125-134.
- Ávila, H., J. Cuspoca, G. Fischer, G. Ligarreto y M. Quicazán. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado a 2 °C. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 60(2): 4179-4193.
- Beaudry, R.M., C.E. Moggia, J.B. Retamales and J.F. Hancock. 1998. Quality of 'Ivanhoe' and 'Bluecrop' blueberry fruit transported by air and sea from Chile to North America. HortScience 33(2): 313-317.
- Botía, Y., P. Almanza y H.E. Balaguera. 2008. Efecto de la temperatura sobre la maduración complementaria en curuba (*Passiflora mollissima* Bailey). Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica 11(2): 187-196.
- Burg, S.P., 2004. Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh products. CABI Publishing, Wallingford (UK). 654 p.
- Castillo, P.L. 2001. Efecto de dos tipos de empaque en la conservación en frío de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) con y sin presencia de cáliz. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 87 p.
- Castrejón, A., I. Eichholz, S. Rohn. L. Kroh and S. Huyskens-Keil. 2008. Phenolic profile and antioxidant activity of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) during fruit maturation and ripening. Food Chemistry 109(3): 564-572.
- Chiabrando, V., G. Giacalone and L. Rolleb. 2009. Mechanical behaviour and quality traits of highbush blueberry during postharvest storage. Journal Science Food Agriculture 89: 989-992.
- De Valencia, M. y F. Ramírez., 1993. Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del agraz (*Vaccinium*

- meridionale* Swartz.). *Agronomía Colombiana* 10(2): 151-159.
- Delwiche, M.J. 1987. Grader performance using a peach ground color maturity chart. *HortScience* 22(1): 87-89.
- Figuroa, D., J. Guerrero y E. Bensch. 2010. Efecto de momento de cosecha y permanencia en huerto sobre la calidad en poscosecha de arándano alto (*Vaccinium Corymbosum* L.), cvs. Berkeley, Brigitta y Elliott durante la temporada 2005-2006. *IDESIA* 28(1): 79-84.
- Hancock, J., P. Callow, S. Sercxe, E. Hanson and R. Beaudry. 2008. Effect of cultivar, controlled atmosphere storage, and fruit ripeness on the long-term storage of highbush blueberries. *HortTechnology* 18(2): 199-205.
- Harb, J.Y. and J. Streif. 2004. Controlled atmosphere storage of highbush blueberries cv. "Duke". *European Journal Horticultural Science* 69(2): 66-72.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Third edition. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, ANR Publications. 535 p.
- Kays, S. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens (GA). 568 p.
- Keipert, K. 1981. *Beerenobst*. Verlag Ulmer, Stuttgart. 349 p.
- Lalel, H.J., Z. Singh and S.C. Tan. 2003. Maturity stages at harvest affects fruit ripening, quality and biosynthesis of aroma volatile compounds in "Kensington Pride" mango. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 78(2): 225-233.
- Ligarreto, G.A. 2009. Descripción del género *Vaccinium*, estudio de caso: agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). pp. 23-27. En: Ligarreto, G.A. (ed.). *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz) en la zona altoandina de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 134 p.
- Magnitskiy, S. y G. Ligarreto. 2009. Plantas de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz): potencial de propagación sexual. p.75-91. En: Ligarreto, G.A. (ed.). *Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (Vaccinium meridionale Swartz) en la zona altoandina de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 134 p.
- Martínez, R., G. Fischer, A. Herrera, B. Chaves y O. Quintero., 2008. Características físico-químicas de frutos de feijoa influenciadas por la posición en el canopi. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 2(1): 21-32.
- Morais, P.L., M.R. Miranda, L.C. Lima, J.D. Alves, R.E. Alves and J.D. Silva. 2008. Cell wall biochemistry of sapodilla (*Manilkara zapota*) submitted to 1-methylcyclopropene. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 20(2): 85-94.
- Novoa, R.H., M. Bojacá, J.A. Galvis, G. Fischer. 2006. La madurez del fruto y el secado del cáliz influyen en el comportamiento poscosecha de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) almacenada a 12 °C. *Agronomía Colombiana* 24(1): 77-86.
- Núñez, A. S. NeSmith, E. Sanchez, S. Prussia y J. Soto., 2005. Influencia de métodos de cosecha y temperaturas de almacenamiento en la calidad del arándano (*Vaccinium ashei* R.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(4): 385-388.
- Osterloh, A., G. Ebert, W.H. Held, H. Schulz and E. Urban. 1996. *Lagerung von Obst und Südfrüchten*. Verlag Ulmer, Stuttgart. 253 p.
- Ozgen, M., J. Palta and J. Smith., 2002. Ripeness stage at harvest influences postharvest life of cranberry fruit: physiological and anatomical explanations. *Postharvest Biology and Technology* 24(3): 291-299.
- Paliyath, G., D. Murr, A. Handa and S. Lurie. 2008. *Postharvest biology and technology of fruits, vegetables, and flowers*. First edition. Wiley-Blackwell Publication, Hoboken, New Jersey, USA. 496 p.
- Ribera, A.E., M. Reyes, M. Alberdi, G. Zuñiga and M. Mora. 2010. Antioxidant compounds in skin and pulp of fruits change among genotypes and maturity stages in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in Southern Chile. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10(4): 509-536
- Rodríguez, M., H. Arjona y J. Galvis. 2006. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los

clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de Bogotá. *Agronomía Colombiana* 42(1): 68-76.

Santamaría, F.B., E. Sauri, F. Espadas, R. Díaz, A. Larqué and J.M. Santamaría. 2009. Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya. *Interciencia* 34(8): 583-588.

Schotsmans, W., A. Molan and B. MacKay. 2007. Controlled atmosphere storage of rabbiteye blueberries enhances postharvest quality aspects. *Postharvest Biology and Technology* 44(3): 277-285.

Shin, Y., J. Ryu, R. Liu, J. Nock and C. Watkins. 2008. Harvest maturity, storage temperature and relative humidity affect fruit quality, antioxidant contents and activity, and inhibition of cell proliferation of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49(2): 201-209.

Silva, J., E. Marroquín, F. Matta, J. Garner and J. Stojanovic. 2005. Physicochemical, carbohydrate and sensory characteristics of highbush and rabbiteye

blueberry cultivars. *Journal Science Food Agriculture* 85:1815-1821.

Sora, A., G. Fischer y R. Florez. 2006. Almacenamiento refrigerado de frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en empaques con atmósfera modificada. *Agronomía Colombiana* 24(2): 306-316.

Téllez, C.P., G. Fischer y O. Quintero. 2007. Comportamiento fisiológico y fisicoquímico de frutos de curuba (*Passiflora mollissima* Bailey) encerados y almacenados a dos temperaturas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 1(1): 67-80.

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.

Zapata, L.M., A.D. Malleret, C.F. Quinteros, C.E. Lesa, C.O. Vuarant, M.F. Rivadeneira y J.A. Gerard. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 21(41): 159-171.

