

Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz)

Classification of Different Maturity Stages of Agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) Fruit

Claudia Marcela Buitrago Guacaneme¹; Martha Cecilia Rincón Soledad²; Helber Enrique Balaguera López³ y Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno⁴

Resumen. La planta de agraz o mortiño es un arbusto que pertenece al género *Vaccinium*, conocido hoy en día por ser fuente de altos contenidos de antioxidantes en sus frutos, por consiguiente sirve para inhibir la oxidación de las grasas y es usado como nutracéutico en la prevención de enfermedades degenerativas en el humano, aspectos que han favorecido sus posibilidades de transformación y comercialización. En el mercado se observan frutos en diferentes grados de madurez, en detrimento de la calidad final; en parte por carecer de una caracterización fisicoquímica y de un criterio definido para la recolección del fruto. Por lo tanto, se establecieron estados de madurez basados en el color de la epidermis, por medio de los cuales se caracterizó el fruto. En cada estado de madurez, se evaluó el peso promedio, diámetro, pH, sólidos solubles totales (SST), acidez total titulable (ATT), relación de madurez (SST/ATT) y porcentaje de germinación de las semillas. De acuerdo al color del fruto se establecieron seis estados de madurez (0-5), diámetro de 0,8 a 1 cm y peso aproximado de 0,5 g. Los SST presentaron valores de 7,3 a 13,8 °Brix con un comportamiento ascendente durante la maduración, contrario a la tendencia descendente que exhibió la firmeza y el pH con valores de 5,8 a 0,54 y 2,32 a 2,1 respectivamente; por su parte la ATT presentó una variación de 2,2 a 3. Se observó un incremento en la relación de madurez de 2,56 en el estado 0 a 6,17 en el estado 5.

Palabras clave: Arándanos, Ericaceae, frutos silvestres, índice de cosecha.

Abstract. Colombian blueberry is a bush from the *Vaccinium* genus, known nowadays for the high antioxidants levels of its fruits known as berries, that is why they are very useful for inhibit the fat oxidation and also used as a nutraceutic for prevention of degenerative diseases in humans, facts which have enhanced the transformation and marketing possibilities. In the market there are fruits in different maturity grades, affecting the final quality obtained, partly because of the lack of a chemical characterization and a defined criterion for the fruit harvest. Because of that, maturity grades have been established based on the epidermis color, being that a way for characterize the fruit and determine the harvest patterns. Fruits were taken at each stage of maturity and evaluated the average fruit weight, diameter, pH, total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), maturity ratio (TSS/TTA) and germination rate of seeds. According to the fruit color were established six maturity states (0-5), diameter from 0.8 to 1 cm and average weight of 0.5 g. The SST showed values from 7.3 to 13.8 °Brix with an ascending behavior during the fruit ripening, contrary to the descending tendency showed by the firmness and the pH, with values from 5.8 to 0.54 and 2.32 to 2.1 respectively; meanwhile ATT showed a variation, from 2.2 to 3. It was observed an increase in the ripeness ratio from 2.56 in the state 0 to 6.17 in the state 5.

Key words: Blueberries, Ericaceae, wild fruits, harvest index.

El agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) es una especie que pertenece a la familia Ericácea, reconocida en el mundo por su uso en la salud humana, en la unidad sistemática mencionada se incluye a los arándanos norteamericanos y los neotropicales, de estos últimos poco se ha publicado sobre su empleo potencial en la horticultura y en la parte médica como fuente de antioxidantes y flavonoides.

El agraz es un arbusto pequeño con un porte que oscila entre 1 y 4 m de altura (Ávila *et al.*, 2007), los frutos son

bayas globosas de color verde en estado inmaduro y morado oscuro, casi negro en su madurez (Magnitskiy y Ligarreto, 2009), con frutos que oscilan entre 7 y 15 mm de diámetro ecuatorial y un peso fresco de 1,6 a 6,8 g (Valencia y Ramírez, 1993), es multicarpelar con un número variable de semillas. Valencia y Ramírez (1993) determinaron que frutos pequeños con un diámetro de 8 mm poseían en promedio 15 semillas y frutos de 10 a 12 mm de diámetro contenían un promedio de 37 semillas por fruto. Las semillas son pequeñas con 0,84 a 1,87 mm de longitud por 0,5

¹ Ingeniera Agrónoma. Agriointegral Andina S.A. Autopista Medellín km 7,5 Parque Industrial Bodega 5. Tenjo Cundinamarca, Colombia. <cmbuitragog@agriointegral.com>

² Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá – Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26 – 85, Bogotá, Colombia. <mrincons@unal.edu.co>

³ Ingeniero Agrónomo. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia – Facultad de Ciencias Agropecuarias. Avenida Central del Norte, Tunja, Boyacá, Colombia. <enrique_balaguera@yahoo.com>

⁴ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá – Facultad de Ciencias Agrarias. Carrera 45 No. 26 – 85, Bogotá, Colombia. <galigarretom@unal.edu.co>

Recibido: Agosto 06 de 2013; Aceptado: Julio 25 de 2014.

soi: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47840>

a 1,4 mm de ancho y de color predominantemente pardo-dorado con algunas variaciones más oscuras o tintes rojizos. En pruebas de germinación realizadas por Magnitskiy y Ligarreto (2009), se concluye y recomienda la imbibición en pre-siembra de las semillas en soluciones de nitrato de potasio o ácido giberélico, este último en concentraciones de 200 a 500 mg L⁻¹, preferiblemente con la utilización de un sustrato orgánico-mineral de pH ácido y en ambiente sombrío.

Dentro de los reportes realizados para arándanos por Pino (2007), el fruto alcanza su madurez fisiológica 60 a 80 días después de la floración; dependiendo del cultivar y de la temperatura del lugar, se originan 5 a 10 bayas en cada racimo las cuales maduran progresivamente durante varias semanas. Las antocianinas que pueden estar localizadas en la piel o en la pulpa de la fruta son las responsables del color de la epidermis (Vilches, 2005). El contenido de azúcares totales, fructosa y glucosa principalmente, oscila en un rango entre 10 y 14%, de los cuales cerca de un 95% corresponde a azúcares reductores. El principal ácido orgánico presente es el ácido cítrico seguido del ácido málico. Por lo general la cosecha de arándanos se basa en el color de la superficie de la fruta que debe ser 100% azul (Pino, 2007); sin embargo, en blueberries se puede utilizar como indicador del estado de madurez el nivel de sólidos solubles totales y la acidez total titulable (Basiouny y Chen, 1988; Pino, 2007).

La madurez en la cosecha es uno de los factores más importantes que determina el comportamiento y la calidad poscosecha, también está relacionada con los prerrequisitos de empleo por parte de consumidores y comercializadores (Delwiche, 1987; Santamaría *et al.*, 2009). Kader (2002) informa que frutos cosechados inmaduros o en estado avanzado de maduración son más susceptibles a daños fisiológicos en poscosecha y de menor calidad que frutos recogidos en el estado de madurez adecuado. Al respecto, en frutos de agraz, Rincón *et al.* (2012) encontraron que 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, respecto a frutos cosechados más maduros. Asimismo, Balaguera-López y Herrera (2012) mencionan que en frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia*), la dinámica del proceso de maduración está estrechamente relacionada con el estado de madurez en el momento de la cosecha, siendo más lenta en frutos cosechados con menor grado de madurez.

Debido a la creciente importancia del cultivo de agraz, por ser una especie relativamente nueva en los mercados nacionales no se cuenta con índices de cosecha definidos, observándose en los sitios de comercialización, frutos heterogéneos en diferentes estados de madurez, ocasionando pérdida de la calidad final del fruto en cosecha y poscosecha. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue realizar la caracterización fisicoquímica del fruto de agraz y determinar el potencial germinativo de la semilla en diferentes estados de madurez, a fin de proporcionar parámetros que permitan identificar el punto óptimo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. Se recolectaron frutos de agraz provenientes de una población silvestre del municipio de San Miguel de Sema (5°31'15" N y 73°43'39" W) Boyacá-Colombia, ubicado a 2.615 msnm, con temperatura de 13 °C promedio y precipitación de 1.000 a 1.300 mm anuales, con un comportamiento bimodal de lluvias, concentradas en los meses de abril a mayo y de octubre a noviembre.

El diseño experimental fue completamente al azar, con seis tratamientos correspondientes a seis estados sucesivos de madurez, con cuatro repeticiones. Los seis estados de madurez se establecieron de acuerdo al porcentaje del color de la epidermis del fruto, tal como se muestra en la Tabla 1 y Figura 1. Una vez se recolectaron los frutos, estos fueron empacados en bolsas de polietileno y almacenados en una nevera portátil durante 8 horas a 16 °C.

Propiedades físicas y químicas. Color de la epidermis: se tomaron cinco frutos y se realizaron tres lecturas en la zona ecuatorial con base en las coordenadas del sistema CieLab con un colorímetro Konica-Minolta® CR-410. Los diámetros polar (DP) y ecuatorial (DE) se midieron con un calibrador manual a 10 frutos. La masa fresca se calculó con una muestra de 50 frutos y se obtuvo el peso promedio con una balanza de precisión de 0,001 g. Firmeza del fruto (N) se determinó sobre 1) frutos con epicarpio y 2) frutos sin epicarpio, utilizando un penetrómetro PCE-PTR200® con aproximación 0,05 N.

Los sólidos solubles totales (SST) se midieron en una muestra de 30 g de fruto por estado de madurez utilizando un refractómetro digital Hanna® de rango 0 a 85% con precisión 0,1 °Brix. El pH se

Tabla 1. Descripción de los estados de madurez de agraz *Vaccinium meridionale* Swartz de acuerdo al color de la epidermis.

Estado de maduración	Color del estado de maduración	Color del fruto (%)
0	Verde	100% Verde
1	Verde	≥75% Verde
2	Verde rojizo	>25% Rojo
3	Rojo	100% Rojo
4	Morado rojizo	100% Morado
5	Morado oscuro	100% Morado oscuro

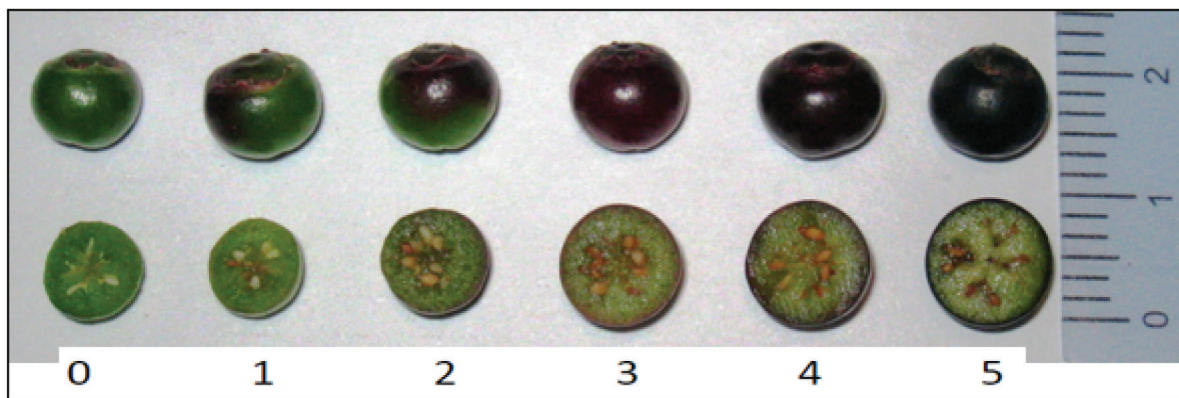


Figura 1. Estados de madurez del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) según el color de la epidermis.

determinó en una muestra de 3 mL de jugo con el uso de un potenciómetro. La acidez total titulable (ATT) se cuantificó de acuerdo a la metodología de la AOAC (1995). El índice de madurez (IM) se estableció mediante la relación SST/ATT.

Para cada estado de madurez se extrajeron las semillas, las cuales fueron lavadas, desinfectadas con hipoclorito de sodio a 0,05% durante un minuto y secadas a la sombra a 17 °C y 78% de humedad relativa, durante 24 h. Las semillas (100 por repetición) se colocaron a germinar en cajas Petri sobre toallas de papel adsorbente en un ambiente de luz difusa, con un fotoperiodo promedio de 12 h luz; bajo dos tratamientos en un diseño completamente al azar: 1) ácido giberélico GA₃ (200 mg L⁻¹) y 2) agua destilada. El papel fue humedecido cada tercer día, durante 30 días después del establecimiento del experimento, tiempo después del cual se determinó el número de semillas germinadas.

Se realizó un análisis de varianza para determinar las diferencias estadísticas y la prueba de comparación de promedios con Tukey (P≤0,05). Se postularon modelos

de ajuste al comportamiento de las variables. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico SAS®, v. 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN







Color de la epidermis. Los estados sucesivos de madurez (0-5) de acuerdo al cambio en la coloración de la epidermis indicaron que en un principio, el fruto presenta una coloración verde pálida, luego morada rojiza y, finalmente durante la maduración, se oscurece (Ligarreto, 2009), en la Figura 1 se observa el cambio en la coloración tanto de los frutos como de las semillas, el cual puede ser un indicador de la madurez fisiológica del fruto (Molina *et al.*, 2008). Así mismo, el color de la semilla varió desde blanco, seguido por amarillo y café en el último estado de madurez.

Durante la maduración, el color del fruto de agraz presentó una disminución del brillo (L*) (Tabla 2) pasando de 44,035 a 20,831. Los valores obtenidos en a* indican en el estado 0 y 1 coloraciones verdes, para los estados 2 y 3 coloraciones rojizas, disminuyendo

a partir de este estado hacia una coordenada donde la intensidad del rojo es menor. Los valores obtenidos en b^* muestran una disminución desde el estado 0 con 39,038 a 1,14 en el estado 5, esto señala ganancia de tonalidades azules. Las coordenadas de a^* y b^* en el estado de maduración 5 tienden a ubicarse en el centro, que corresponde a tonos grises, estado en el cual prevalece el color morado oscuro con tendencia a negro. Resultados similares obtuvieron Rosemarie y

Petzold (2007) en arándanos, los cuales tienen un tono parecido al agraz en el último estado de madurez con valores de $19,6 \pm 1,5$ que denotan una baja luminosidad, así como valores de a^* ($12,9 \pm 3,4$) y b^* ($1,7 \pm 0,7$) que expresan el color morado típico de este fruto, haciendo una comparación entre las variables de color entre arándano y agraz solo se observa una diferencia entre los valores obtenidos en a^* exhibiendo un tono más rojizo en los frutos de arándano.

Tabla 2. Color de los frutos de agraz para cada estado de madurez.

Estado	Denominación	Color del fruto (%)	Coordenadas Cielab		
			L*	a*	b*
0	 Verde	100% verde	44,035 a	-19,978 c	39,038 a
1	 Verde	≥ 75% verde	44,032 a	-1,465 b	25,665 b
2	 Verde rojizo	> 25% rojo	36,782 a	14,787 a	16,589 c
3	 Rojo	100% rojo	27,502 b	19,812 a	10,342 cd
4	 Morado Rojizo	100% morado	24,612 b	13,283 a	5,937 de
5	 Morado Oscuro	100% morado oscuro	20,831b	4,026 b	1,14 e

Promedios con letras distintas en cada columna indican diferencia significativa, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Diámetro del fruto. El fruto de agraz es una baya casi esférica, siendo mayor el diámetro ecuatorial (DE), el cual osciló entre 0,9 y 1,1 cm y un diámetro longitudinal (DL) entre 0,8 y 0,95 cm. Estos valores están dentro del promedio reportado en frutos cosechados en el departamento de Antioquia con un DE de 1,06 cm

y un DL de 0,97 cm (Valencia y Lozano, 1995) y para arándanos con un DE que oscila entre 0,8 y 1,2 cm (Huxley, 1992). No se observó diferencia significativa para esta variable (Tabla 3). Al respecto, Ligarreto *et al.* (2011) encontraron que la variable tamaño de fruto tiene una baja variación con coeficientes del 21%,

Tabla 3. Diámetro ecuatorial, longitudinal y masa fresca del fruto de agraz en diferentes estados de madurez.

Estado	DE (cm)	DL (cm)	Masa Fresca (g)
0	0,99	0,88	0,58
1	1,00	0,84	0,55
2	1,08	0,96	0,57
3	0,91	0,86	0,47
4	0,92	0,81	0,54
5	0,97	0,86	0,60
C.V (%)	13,85	12,75	25,60

Los promedios de cada variable en los distintos estados de madurez del fruto no presentaron diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

indicando que los frutos de agraz son relativamente homogéneos ó con baja plasticidad fenotípica en todas las poblaciones.

Coggins (1984), en estudios realizados para aguacate, menciona que el tamaño del fruto da una predicción bastante pobre del estado de madurez ya que varía mucho entre áreas que se encuentran a cortas distancias. Por lo tanto, podría decirse que son medidas inexactas de la madurez y que de acuerdo a Pinzón *et al.* (2007), dependen de un gran número de variables como la relación hoja/fruto, el número de frutos por árbol, la edad de la planta, el esquema de fertilización y manejo del suelo, el estado fitosanitario de la planta, la poda y el raleo de frutos, el clima, el período de tiempo de crecimiento y el estado de madurez a la cosecha.

Masa fresca. Los resultados obtenidos para esta variable son comparativamente menores a los mencionados en otros análisis, los frutos de agraz utilizados en este estudio oscilaron entre 0,47 y 0,60 g, con un comportamiento lineal en función del estado de madurez, sin diferencias estadísticas (Tabla 3). Mientras que en el municipio de Rionegro, Antioquia presentan registros de 1,6 g en promedio (Valencia y Lozano, 1995; Ligarreto, 2009) e igualmente inferiores a los reportados para arándanos (Pino, 2007) debido principalmente a las diferentes condiciones climáticas, de vegetación y de

suelo presentadas en las regiones donde se encuentran las poblaciones de agraz (Magnitskiy y Ligarreto, 2009) y a que los frutos utilizados en este estudio corresponden a plantas que espontáneamente crecieron en un área silvestre, las cuales no han sido sometidas a labores culturales como podas, fertilización, etc.

Firmeza. La consistencia de la pulpa presentó valores que oscilaron entre 25 N para el estado 0 y 2,5 N para el estado 5 (Figura 2). En frutos con epidermis, los valores se encontraron entre 35 N estado 0 a 6 N en madurez de consumo; con diferencias estadísticas significativas ($P < 0,05$). La mayor pérdida de la firmeza se presentó en los tres primeros estados 0-2, resultados acordes a los de Vicente *et al.* (2007), quienes mencionan que en dichos estados predominan tanto la expansión como la maduración del fruto. Zapata *et al.* (2010) encontraron para arándanos, que la fuerza máxima requerida para alcanzar el punto de ruptura en bayas maduras de las variedades O'Neal, Misty, Reveille y Emerald oscilo entre 1,53 y 1,94 N; al comparar dichos valores con los obtenidos en agraz, se observa que son inferiores, esto puede indicar que los frutos de agraz poseen una cutícula más resistente necesitando fuerzas de 6,25 N para llegar al punto de ruptura en frutos maduros.

La firmeza depende del estado de madurez en el momento de cosecha, así como de la temperatura y

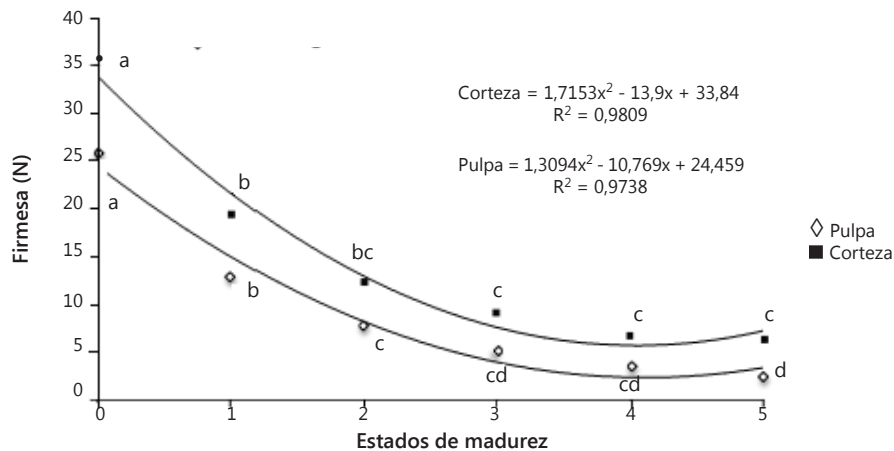


Figura 2. Firmeza en frutos de agraz, determinada a partir de frutos con y sin epicarpio para cada estado de madurez. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

forma de almacenamiento, y puede relacionarse con el color externo (Valero y Ruiz, 1996). Por lo cual, permite determinar la calidad del fruto, su manejo poscosecha y las características del empaque (Kader, 2002). Es deseable que los frutos, una vez cosechados, mantengan un alto

grado de resistencia mecánica para protegerlos de los daños durante su manipulación (Zapata *et al.*, 2010).

Sólidos solubles totales (SST). Estos presentaron una tendencia lineal desde el estado 0 al 5 (Figura 3), lo cual

es deseable si se quiere utilizar como un indicador del momento óptimo de cosecha. Los SST en el último estado de madurez se encuentran dentro de un rango aceptable (Figuroa *et al.*, 2010), frutos con

11 y 12 °Brix reúnen las cualidades organolépticas deseadas; entretanto, Wills *et al.* (2007) mencionan como requisito para cosechar frutos de arándano un contenido de sólidos solubles totales que se encuentre

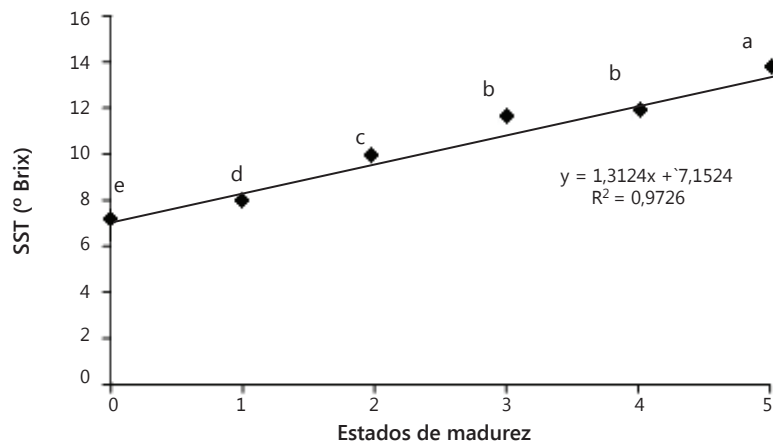


Figura 3. Comportamiento de los sólidos solubles totales (SST), en diferentes estados de madurez del fruto de agraz. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

entre 12 y 14 °Brix. El resultado obtenido en el estado 5 es superior al reportado por Saftner *et al.* (2008), para frutos de 11 variedades de arándanos donde el contenido de SST varió entre 10,6-13,2 °Brix.

almidón fosforilasa produciéndose como resultado, la hidrólisis del almidón (Kader, 2002), al darse el proceso de degradación se generan azúcares solubles, incrementando el contenido de SST en el fruto.

En los frutos maduros, los SST tienen importancia por estar formados por compuestos orgánicos que determinan el sabor, color y en general los atributos de calidad (Shoemaker, 1975). Durante la maduración del fruto hay un incremento en la actividad de las enzimas α -amilasa, β -amilasa y

Acidez total titulable (ATT). Fue constante entre los estados 1 y 2 y disminuyó a partir del estado 3 hasta madurez completa, con valores que variaron entre 2,7% y 2,2% (Figura 4), cifras que son superiores a las informadas por Magnitskiy y Ligarreto (2009) en los cuales frutos de agraz presentaron una ATT de 1,44%.

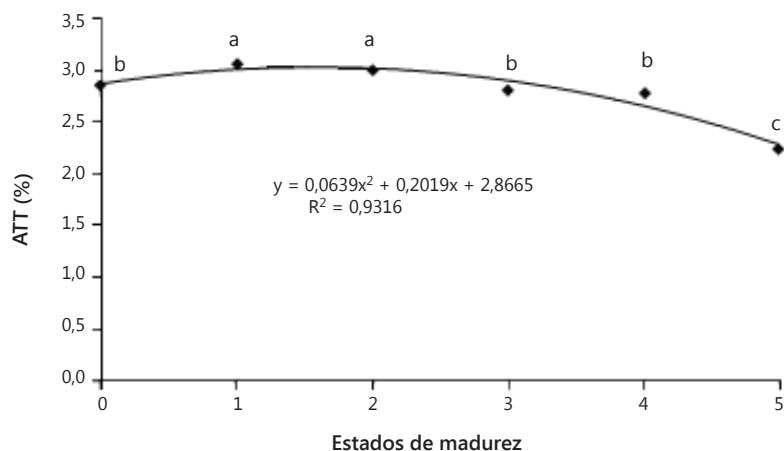


Figura 4. Acidez total titulable (ATT) durante cada uno de los estados de madurez del fruto de agraz. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

Factores como la variedad, el clima y las prácticas culturales pueden ser responsables de la diferencia en la ATT.

La disminución de la ATT después del estado 1 se presenta porque los ácidos orgánicos son usados en el proceso respiratorio y también pueden ser convertidos en azúcares (Kader, 2002; Tsouvaltziz *et al.*, 2007). Los cambios en la acidez total titulable son mayores que en otros constituyentes durante la maduración del fruto y por esto podría ser útil como indicador de cosecha (Mitcham *et al.*, 2007).

pH. Presentó una disminución del estado 0 hasta el estado 3, con un incremento posterior hasta el estado 5 (2,17) (Figura 5). Saftner *et al.* (2008), en arándanos (*V. corymbosum*) completamente maduros, encontraron

un pH entre 2,5-3,4. Igualmente, Pino (2007) reportó valores que oscilaron entre 2,68 y 3,35. La disminución del pH en los primeros estados de maduración puede ser atribuida a un incremento en el contenido de ácidos orgánicos, el posterior incremento en el pH se puede explicar porque durante el llenado de frutos gran parte de la actividad de acumulación se da vía simporte, en donde los iones H⁺ hacen parte de la formación de sustratos como la sacarosa y la glucosa, ocasionando que su concentración a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de la maduración (Marschner, 2012). Y además coincide con una disminución en la ATT (Figura 4), debido a que la concentración de los ácidos orgánicos disminuye, por lo que es ideal para la elaboración de procesados como mermelada, néctares, yogurt, postres y otros (Flores *et al.*, 2000).

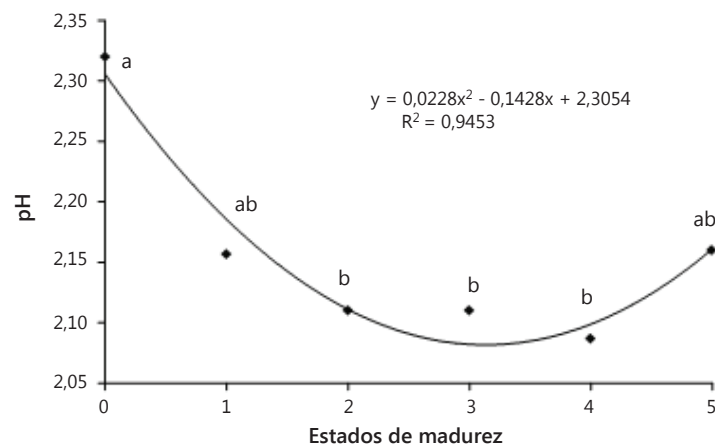


Figura 5. Comportamiento del pH, durante cada uno de los estados de madurez del fruto de agraz. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey (P ≤ 0,05).

Índice de madurez (IM). Mostró un incremento durante la maduración del fruto, resultado de la reducción de la ATT e incremento de los SST en proporción directa con el grado de madurez (Figura 6). Los datos obtenidos oscilaron entre 2,5 y 6,2, los cuales no concuerdan con los de Saftner *et al.* (2008) quienes han sugerido que los arándanos presentan un IM entre 10 y 33, e igualmente estos autores hacen referencia a un rango entre 8,9 y 35,6 en once cultivares de arándano, siendo el cultivar Coastal el de mayor IM (35,6), Elliot (9,0) y Lateblue (8,9) con los valores más bajos. Galleta *et al.* (1971), establecieron que la relación entre el nivel de sólidos solubles y acidez titulable es un indicador simple de la calidad de la fruta ya que bajas relaciones SST/ATT se asocian a una buena calidad de poscosecha,

además permite clasificar al agraz como un fruto resistente a la acción de microorganismos durante la poscosecha (Pino, 2007). El IM es útil si se considera que el sabor de las frutas no se determina por la cantidad efectiva de azúcares y ácidos presentes, sino por la relación entre ellos; de esta manera, una mayor cantidad de ácido puede producir un sabor poco agradable a frutas que estén bajas de azúcar y un sabor agradable a aquellas que tengan mucho azúcar (Hidalgo, 1993).

El sabor de los arándanos depende del balance entre el dulzor y la acidez y el aroma, al igual que en el agraz. Pino (2007) señala que, en el pasado se consideraban de mayor calidad los arándanos ácidos y aromáticos, sin embargo en la actualidad

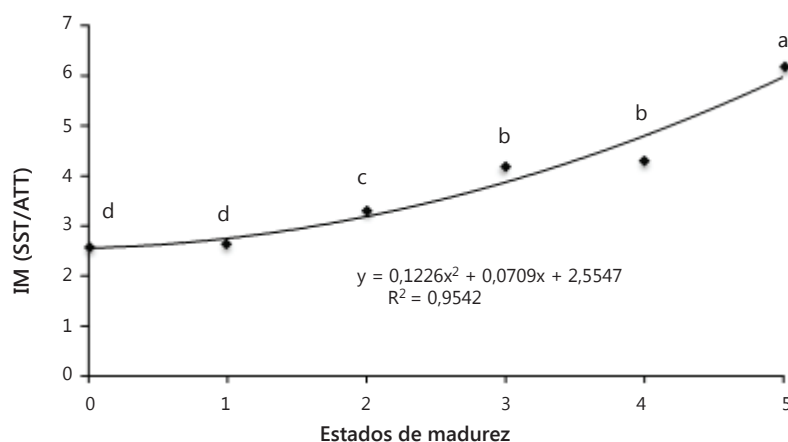


Figura 6. Índice de madurez (IM), para cada estado de madurez del fruto de agraz. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

los arándanos para consumo fresco deben ser seleccionados por poseer un nivel balanceado de SST y ATT combinado con un agradable aroma y textura.

Germinación. Las semillas de agraz germinaron en promedio a los 20 días después de siembra (dds), seguido de la ruptura de los tejidos que causan la resistencia a emergencia, se observó la salida de la radícula, luego el hipocotilo y posteriormente los cotiledones, los cuales emergieron 30 dds

presentándose completamente expandidos, esto concuerda con el estudio realizado por Hernández *et al.* (2009), donde las semillas germinaron a los 23 dds. Se presentó un rango bastante amplio en el porcentaje de germinación, dentro de los diferentes estados, oscilando entre el 15% y 70%, siendo el estado 3 (100% rojo) el que presentó un mayor potencial para la obtención de semillas viables, con una diferencia de $10 \pm 3\%$ entre el tratamiento a semillas con ácido giberélico con respecto al testigo (Figura 7).

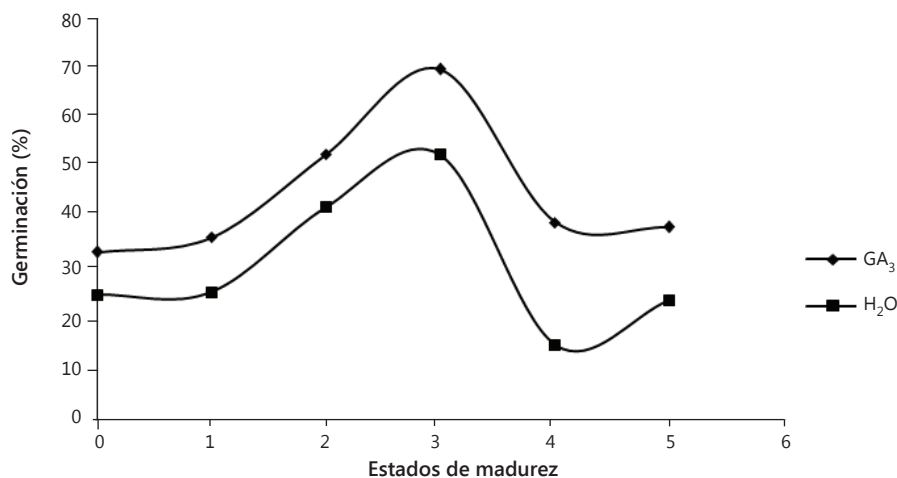


Figura 7. Comportamiento de la germinación, para cada estado de madurez del fruto de agraz. Promedios con letras distintas indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

En el caso de *V. mirtillo* L. se ha encontrado que la germinación puede mejorarse del 50 al 90% a través de aplicación de ácido giberélico (Ciordia *et al.*, 2006), para el caso específico del agraz Hernández *et al.* (2009),

recomendaron hacer ensayos con dosis menores a 500 mg L^{-1} de GA_3 , no obstante, en este estudio al utilizar 200 mg L^{-1} se demostró que también tiene un efecto positivo en la germinación de *Vaccinium meridionale* Swartz.

Hubo diferencias estadísticamente significativas en el porcentaje de germinación de las semillas de acuerdo al estado de madurez del fruto, en el cual los primeros estados y los últimos, mostraron los más bajos porcentajes 24-36% y 12-36% respectivamente. La baja germinación de la semilla obtenida de frutos en estados iniciales de madurez, puede ser explicada porque en algunas especies, las semillas recién maduradas tienen embriones que son muy pequeños respecto al tamaño de la semilla y tienen gran cantidad endospermo, y aun cuando estos embriones tengan cotiledones y radícula distinguibles, deben crecer hasta una longitud crítica antes de que la radícula emerja de la semilla (Walck *et al.*, 2002). El estado de madurez 3 (100% rojo) presentó el porcentaje de germinación más elevado con 45 y 66% en agua y en GA₃ respectivamente; resultados similares fueron encontrados por Cárdenas *et al.* (2004) en frutos de tomate de árbol, en los cuales, hubo mayor porcentaje de germinación en frutos que pasaron del 75 al 100% de presencia de carotenoides en la epidermis indicando el incremento en el desarrollo de los embriones en estos estados.

Por otro lado, se observa en la Figura 7 que las semillas de los estados de madurez 4 y 5 fueron las que presentaron los porcentajes más bajos, y particularmente aquellas semillas a las que no se les aplicó GA₃; con un 15% y 24% en el estado 4 y 5 respectivamente. Esto puede ser explicado porque la maduración de los frutos de arándano es acompañada por un incremento sustancial de ácido abscísico (ABA); el cual además de ser un regulador del crecimiento y un componente importante del proceso de maduración y regulador de la biosíntesis de flavonoides (Zifkin *et al.*, 2012), en semillas actúa como regulador de la dormancia, es por esto que a pesar del bajo porcentaje de germinación de semillas en los estados de madurez 3 y 4, fue comparativamente mayor en el tratamiento con la aplicación de ácido giberélico, debido a que este actúa como antagonista del ABA en semillas y promueve la germinación (Taiz y Zeiger, 2006).

CONCLUSIONES

En frutos de agraz se debe seleccionar como índice de madurez el grado de coloración de la epidermis del fruto, puesto que variables como masa fresca y tamaño no presentaron diferenciación entre los diferentes grados sucesivos de madurez del fruto, en consecuencia no son determinantes para establecer el punto óptimo de cosecha.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el municipio de San Miguel de Sema, Boyacá, se deben cosechar los frutos en el estado de madurez 3, que corresponde a frutos 100% rojos. En este estado de madurez los frutos presentan una firmeza de 9 N y 4 N en frutos con y sin epidermis respectivamente, con una concentración de sólidos solubles totales superior a 10 °Brix, acidez total titulable de 2,7 %, pH de 2,1 y relación de madurez de 4.

Los frutos de agraz en estado 3, coloración 100% rojiza, presentaron el mayor número de semillas germinadas con un porcentaje de 53 y 70% en agua y GA₃, respectivamente. Asimismo, el ácido giberélico ayuda a superar parcialmente la latencia en las semillas de agraz.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y al Ministerio de Agricultura por todo el apoyo económico y logístico brindado durante la ejecución de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Association of Official Analytical Chemists - AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC international. Cunniff P. (ed.) Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, Virginia. 1,091 p.
- Ávila, R.H., R.J. Cuspoca, G. Fischer, G.A. Ligarreto y C.M. Quicazan. 2007. Caracterización fisicoquímica y organoléptica del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) almacenado 1 a 2 °C. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín 60(2): 4179-4193.
- 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.
- Cárdenas, W., M. Zuluaga y M. Lobo. 2004. Latencia en semillas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) (*Solanum betaceum* Cav. Sendt) como aspecto básico para la conservación y el monitoreo de viabilidad de las colecciones. PGR Newsletter FAO-Biodiversity 139: 31-41.
- Ciordia, M., M. Lucas, V. Mateos, L. Rodríguez, J.C. García and J. Majada. 2006. Optimization of germination

- requirement and seed producción of wild-type *Vaccinium myrtillus*. *Acta Horticulturae* (ISHS) 715: 85-90.
- Coggins, C. 1984. Feasibility of using fruit size and percentage dry weight to predict maturity. *California Avocado Society Yearbook* 68: 145-160.
- Delwiche, M.J. 1987. Grader performance using a peach ground color maturity chart. *HortScience* 22(1): 87-89.
- Figueroa, 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.
- Flores, V., G. Fischer y A. Sora, 2000. Producción, Postcosecha y Exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 150 p.
- Galleta, G., W. Ballinger, R. Monroe and L. Kushman. 1971. Relationships between fruit acidity and soluble solids levels of highbush blueberry clones and fruit keeping quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96(6): 758-762.
- Hernández, M., M. Lobo, C. Medina, J.R. Cartagena y O. Delgado. 2009. Comportamiento de la germinación y categorización de la latencia en semillas de mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Agronomía Colombiana* 27(1): 15-23.
- Hidalgo, L. 1993. Tratado de Viticultura. Mundi-Prensa, Madrid, España. 323 p.
- Huxley, A. 1992. The New Royal Horticultural Society Dictionary of Gardening. Volume 1. Stockton Press, New York. 815 p.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest technology of horticultural crops. Third edition. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources, ANR Publications, Sacramento, California. 535 p.
- Ligarreto, G. 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.
- Ligarreto, G., M. Patiño and S. Magnitskiy. 2011. Phenotypic plasticity of *Vaccinium meridionale* (Ericaceae) in wild populations of mountain forests in Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59(2): 569-583.
- Magnitskiy, S. y G. Ligarreto. 2009. Plantas de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz): potencial de propagación sexual. pp. 75-91. En: Ligarreto, G. (ed.). Perspectivas del cultivo de agraz o mortiño (*Vaccinium meridionale* Swartz) en la Zona Altoandina de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 134 p.
- Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Third edition. Academic Press, London. 651 p.
- 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; http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Bayas_Berries/; consulta: Noviembre de 2011.
- Molina, J., D. Calvo, J. Medina, C. Barrau and F. Romero. 2008. Fruit quality parameters of some southern highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) grown in Andalucía (Spain). Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentación (INIA). *Spanish Journal of Agricultural Research* 6(4):671-676.
- 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 Licenciado en Agronomía. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 64 p.
- Pinzon, I., G. Fischer y G. Corredor. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Agronomía Colombiana* 25(1): 83-95.
- Rincón, M., C.M. Buitrago, G. Ligarreto, W.S. Torres y H.E. Balaguera. 2012. Comportamiento del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) cosechado en diferentes estados de madurez y almacenado en refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 65(2): 6621-6631.
- Rosemarie, S. y G. Petzold. 2007. Formulación de una pasta gelatinosa a partir del descarte de arándanos

- (*Vaccinium corymbosum*). Información Tecnológica 18(2): 53-60.
- Safner, R., J. Polashock, M. Ehlenfeldt and B. Vinyard. 2008. Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology* 49(1): 19–26.
- 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.
- Shoemaker, J. 1975. Blueberries. pp. 249-285. In: *Small Fruit Culture*. The Avi Publishing Company, Westport, Connecticut. 368 p.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant physiology*. Fourth edition. Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, Massachusetts. 764 p.
- Tsouvaltzis, P., D. Gerasopoulos and A. Siomos. 2007. Effects of base removal and heat treatment on visual and nutritional quality of minimally processed leeks. *Postharvest Biology and Technology* 43(1): 158-164.
- Valencia, M.L. y F. Ramírez. 1993. Notas sobre la morfología, anatomía y germinación del agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Agronomía Colombiana* 10(2): 151-159.
- Valencia, M. y N. Lozano. 1995. Anatomía del fruto del "Agraz" *Vaccinium meridionale* Swartz. *Acta Biológica Colombiana* 9:159-172.
- Valero, U.C. y M. Ruiz. 1996. Técnicas de medida de la calidad de frutas. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. En: <http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000CtmcsPDF+T%C3%A9cnicas&hl=es&ct=clnk&cd=1&gl=co>; consulta: Junio de 2006.
- Vicente, A., C. Ortugno, H. Rosli, A. Powell, C. Greve and J. Labavitch. 2007. Temporal sequence of cell wall disassembly events in developing fruits. 2. Analysis of blueberry (*Vaccinium* Species). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55(10): 4125- 4130.
- Vilches, F. 2005. Formulación y elaboración de un snack de arándano con incorporación de fibra dietética. Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía, Santiago, Chile. 43 p.
- Walck, J., S. Hidayati and N.N. Okagami. 2002. Seed germination ecophysiology of the Asian species *Osmorhiza aristata* (Apiaceae): Comparison with its Northamerican congeners and implications for evolution of types of dormancy. *American Journal of Botany* 89(5): 829-835.
- Wills, R.B., W.B. Mcglasson, D. Graham and D.C. Joyce. 2007. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. Fifth edition. New South Wales University, Wallingford. 227 p.
- Zapata, L., A. Malleret, C. Quinteros, C. Lesa, C. Vuarant, M. Rivadeneira y J. Gerard. 2010. Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración. *Ciencia, Docencia y Tecnología* 21(41): 159-171.
- Zifkin, M., A. Jin, J.A. Ozga, L.I. Zaharia, J.P. Schemthaler, A. Gesell, S.R. Abrams, J.A. Kennedy and C.P. Constabel. 2012. Gene expression and metabolite profiling of developing highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.) fruit indicates transcriptional regulation of flavonoid metabolism and activation of abscisic acid metabolism. *Plant Physiology* 158(1): 200-224.

