



Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad)

Physico-chemical characterization parameters in fruit blackberry (*Rubus alpinus* Macfad)

Brigitte Liliana Moreno ^{1*} y Yuli Alexandra Deaquiz Oyola ²

¹ Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia; ² Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Colombia. Tunja, Boyacá, Colombia. *Autora para correspondencia: brimorena@hotmail.com

Rec.: 16.09.2014 Acep.: 23.05.2015

Resumen

La mora (*Rubus alpinus* Macfad) es un cultivo agrícola rentable para pequeños productores que no cuenta con herramientas tecnológicas poscosecha suficientes, que les permite ser más competitivos en el mercado nacional e internacional. En el trabajo se evaluaron parámetros fisicoquímicos de frutos de mora en un diseño factorial 4 x 2 con cuatro repeticiones donde el primer factor correspondió a las fincas de cultivo y el segundo a los grados de madurez. Se midieron las variables pH, sólidos solubles totales, acidez total titulable, índice de madurez, firmeza, diámetro y longitud del fruto. Se encontró que los estados de madurez, las condiciones edafoclimáticas de la zona y el manejo agronómico influyen directamente sobre las características fisicoquímicas del fruto, siendo el estado de madurez grado 6 el que presenta las características organolépticas óptimas de consumo y procesamiento del fruto en fresco.

Palabras clave: Poscosecha, grados de madurez, calidad organoléptica.

Abstract

Blackberry (*Rubus alpinus* Macfad), is an agricultural profitable crop for small producers, but it does not have enough technological postharvest which allows them to be more competitive at the national and international market. Therefore, this research sought to characterize the physicochemical parameters of blackberry fruits (*Rubus alpinus* Macfad). A randomized block design with factorial arrangement 4x2 were carried out, where the first factor fitted to the farms (Betania, El Alisal, Los Alisos and La Esperanza) and these condone to the conditions of (five and six) maturity. Variables were measured for pH, total soluble solids, titratable acidity, maturity index, firmness, and diameter and finally, the fruit length titratable. In conclusion, conditions of maturity, soil and climate conditions in the zone and agronomic management, influence directly the physicochemical characteristics of the fruit.

Keywords: Post-harvest, maturity conditions, organoleptic quality.

Introducción

Colombia tiene alto potencial en producción de frutales, siendo el género *Rubus* un renglón importante para generar desarrollo económico entre grandes y pequeños productores. A nivel mundial se estima que existen entre 700 y 750 especies distribuidas en 12 géneros, siendo *Rubus* el de mayor número de especies dentro de la familia Rosaceae. Especies de los subgéneros *Idaeobatus* y *Rubus* han sido domesticadas y conforman un valioso grupo de frambuesas, moras, frutas árticas y frambuesas con flores, altamente heterocigotas (Ayala, 2013).

Con excepción de antártica, las especies de este género se encuentran distribuidas en zonas de alta montaña tropical desde México hasta Ecuador. Por tal razón, son reconocidas como las moras de los Andes y entre ellas se han reconocido 44 especies. Para el caso de Colombia, las especies tienen una amplia distribución latitudinal y geográfica e incluyen 24 taxa: *R. acanthophyllos*, *R. adenotrichos*, *R. alpinus*, *R. bogotensis*, *R. choachiensis*, *R. compactus*, *R. coriaceus*, *R. eriocarpus*, *R. floribundus*, *R. gachetensis*, *R. glabratus*, *R. glaucus*, *R. guyanensis*, *R. idaeus*, *R. lechleri*, *R. macrocarpus*, *R. megalococcus*, *R. nubigenus*, *R. porphyromallos*, *R. robustus*, *R. roseous*, *R. rosifolius*, *R. urticaefolius*, y *Rubus* sp. (Álvarez, 2009).

Para 2005, se estimó que la producción mundial de especies *Rubus* fue de 154,644 t, producidas en 20,035 ha cultivadas a nivel comercial. Europa fue el continente con mayor área sembrada (7692 ha), seguido en su orden por Norteamérica, Centroamérica, Suramérica, Asia, Oceanía y África (Ayala, 2014). En la actualidad, Colombia produce cerca de 8 t/ha (Agronet, 2011), especialmente mora de castilla (*R. glaucus*).

Los estudios poscosecha con frutos de esta especie buscan manejos adecuados que garanticen la calidad y los requisitos de comercialización, teniendo en cuenta los cambios fisicoquímicos que se presentan durante los estados de madurez, que dependen de diversos factores como luz, temperatura, humedad, fertilidad del suelo, entre otros (Gómez-Romero et al., 2010). Además, factores físicos como el color y su uniformidad son parámetros que definen directamente la calidad de los frutos, debido a que se considera que interfiere con características como sabor y su intensidad y sanidad.

La mora de castilla se clasifica como un fruto no climatérico con vida poscosecha corta (Galvis, 2005). Durante el proceso de maduración sufre continuos cambios fisicoquímicos que afectan su aceptabilidad, calidad y tiempo de almacenamiento (Ayala et al., 2013) reduciendo el contenido de

ácidos orgánicos, favorece la pérdida de firmeza y aumenta la concentración de azúcares, entre otros. No obstante, en zonas donde se cultiva comercialmente *R. glaucus* en Colombia se pueden encontrar algunas especies silvestres, que tienen un alto potencial comercial, entre ellas, *R. alpinus*, de las cuales aún no se conocen el comportamiento fisicoquímico de sus estados de madurez y su relación con la calidad, los requisitos comerciales y la competitividad del fruto en el mercado. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo caracterizar los parámetros fisicoquímicos de los estados de madurez 5 y 6 de frutos de mora *R. alpinus* como indicadores de comercialización del producto.

Materiales y métodos

La recolección de los frutos se realizó en las fincas Betania y el Alisal, vereda Montesuárez del municipio de Arcabuco, Boyacá, Colombia; Los Alisos en la vereda Saavedras de Morales; y la esperanza en la vereda Saavedras de Roncancios, municipio de Gachantivá, en el departamento

Tabla 1. Ubicación de las fincas en los municipios de Arcabuco y Gachantivá en el Departamento de Boyacá, Colombia.

Municipio	Finca (no.)	Nombre	Latitud (N)	Longitud (O)	Altitud (m.s.n.m.)
Arcabuco	1	Betania	5° 44' 13.05"	73° 29' 14.33"	2498
	2	El alisal	5° 43.767"	73° 29' 80"	2390
Gachantivá	3	Los alisos	5°44.1' 47"	73° 30.5' 42"	2351
	4	La esperanza	5° 43.3' 0.21"	73° 29' 12.64"	2455

de Boyacá (Colombia) (Tabla 1). Para la identificación taxonómica de la especie se utilizaron descriptores cualitativos y cuantitativos (Ayala, 2014). Todas las fincas están ubicadas entre los 2400 y 2500 m.s.n.m., con temperatura promedio de 13-15 °C, y precipitación anual entre 1300 a 1900 mm. Los cultivos consistían en 1100 plantas/ha, aproximadamente, sembradas a 3 m entre surcos y plantas, tutoradas con sistema de conducción en 'T', y en edades entre los 2 y 3 años. Los frutos recolectados fueron tomados de forma aleatoria directamente de la planta y empacados en recipientes plásticos con capacidad para 1 kg. Los frutos presentaban grados de madurez 5 y 6; para esta clasificación se utilizó la tabla de color de mora de castilla según la NTC 4106 de 1997. Los parámetros fisicoquímicos fueron determinados en el Laboratorio de Fisiología

Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, sede Tunja, e incluyeron: pH, sólidos solubles totales, índice de madurez, acidez total titulable, diámetro, longitud y firmeza

pH. Se tomaron 5 ml de jugo de mora en el estado de madurez respectivo para medir el pH con un potenciómetro previamente calibrado, con soluciones buffer de pH 7 y 4.

Sólidos solubles totales (SST). Se determinaron como grados °Brix mediante el uso del refractómetro digital Hanna (Hanna instruments, Woonsocket, R) de rango 0 a 85% con precisión 0.1°Brix.

Acidez total titulable (ATT). Se midió de acuerdo con la metodología de la AOAC (AOAC, 1995), mediante cálculos con volumen de NaOH, incorporado en 5 g de jugo del fruto, 3 gotas de fenoftaleina en una titulación potenciométrica hasta pH de 8.2, para ello se utilizó la fórmula:

$$\text{Acidez (\%)} = (A * B * C) * 100 / D,$$

Donde:

A = Volumen de NaOH utilizado.

B = Normalidad del NaOH (0.097).

C = peso equivalente expresado en g de ácido predominante en el fruto (ácido málico 0.067 g/meq).

D = peso en gramos de la muestra utilizada.

Índice de madurez (IM). Se calculó como la relación entre SST/ATT.

Diámetro ecuatorial y longitud. Se midió con calibrador o 'pie de rey'.

Firmeza del fruto. Se midió en Newton (N) mediante el penetrómetro digital PCE-PTR200 con aproximación 0.05 N.

Análisis de datos

Se utilizó un diseño experimental factorial 4 x 2 donde el primer factor correspondió a las fincas y el segundo a los estados de madurez 5 y 6, con cuatro repeticiones, para un total de 32 unidades experimentales, cada una compuesta por 10 frutos. Con los datos obtenidos se efectuaron análisis de varianza (Anova) para determinar la presencia de diferencias estadísticas significativas entre los estados de madurez, las fincas y la interacción entre ambos, utilizando la prueba de comparación de Tukey ($P \leq 0.05$). Los análisis se

realizaron con el programa estadístico R versión 3.1.1.®, debidamente licenciado.

Resultados y discusión

pH

Los valores de pH en frutos de mora no mostraron diferencias estadísticas significativas para fincas ($P > 0.05$), como sí ocurrió para estados de madurez y la interacción finca por estado de madurez ($P < 0.05$). Esto se debió a la actividad enzimática que promueve la acumulación de azúcares durante el llenado de frutos, ya que ésta ocurre vía simporte, lo que hace que disminuya la concentración de H^+ a nivel vacuolar en las últimas fases de maduración. En este caso los iones H^+ conforman sustratos como sacarosa y glucosa, haciendo que la concentración en la vacuola disminuya, evidenciando ligeros cambios de pH, y reducción de la acidez y mejoramiento en el sabor de los frutos (Ayala, 2014).

Es importante mencionar que en la mayoría de los frutos tropicales cerca del 90% del volumen celular es ocupado por la vacuola, la cual tiene un pH que oscila entre 5 y 5.5, coincidiendo con lo reportado para mora por Ayala et al. (2013), y Pinzón et al. (2007), en gulupa (*Pasiflora edulis* Sims). No obstante, en algunos frutos como los pomelos, limones y cerezas el pH vacuolar es inferior a 3 (Taiz y Zeiger, 2006).

SST (°Brix)

Los SST no presentaron diferencias estadísticas significativas entre fincas, donde el valor más alto se obtuvo en la finca 3 con 7.98 °Brix. Para el factor grado de madurez se encontraron diferencias estadísticas significativas, con valores promedio de 6.53 ± 1.29 para el estado de madurez 5 y 8.11 ± 1.39 para el estado de madurez 6 (Figura 1A). Para la interacción estados de madurez y fincas se presentaron diferencias estadísticas significativas, donde en la finca 3 los frutos en estado 6 de madurez presentaron un valor promedio de 9.0 °Brix; en comparación con la finca 1 en estado de madurez 5, con un valor promedio de 5.5° Brix (Figura 1B).

Lo anterior puede ser explicado teniendo en cuenta que algunos solutos se depositan en las vacuolas y a medida que avanza el proceso de maduración en el fruto, estos solutos son convertidos en azúcares, lo que concuerda con Ayala et al. (2013) quienes encontraron un aumento de SST del estado 5 al 6 en frutos de mora castilla.

En el caso de bayas, y en particular de mora, se puede establecer que estos frutos no poseen altas cantidades de almidón Wills et al (1998), por

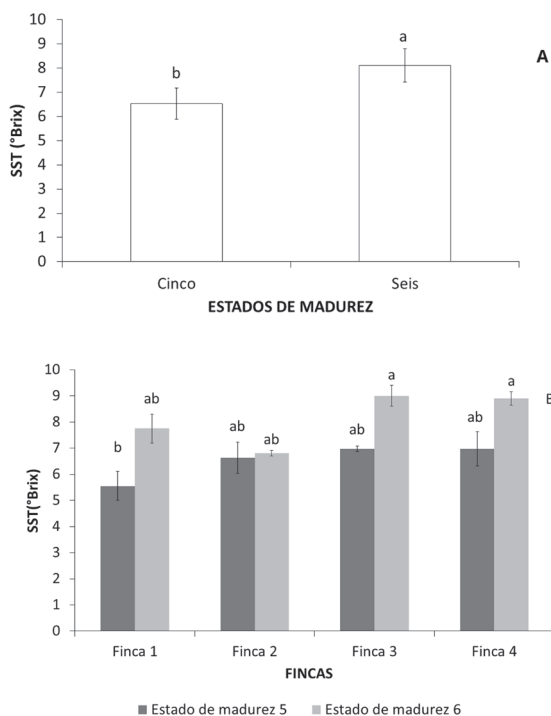


Figura 1 A. Comportamiento de los SST en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **B.** Comportamiento de los SST en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6.

La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

consecuente, el aumento de los SST posiblemente este influenciado por la transformación de ácidos orgánicos en azúcares, predominando en la mora el ácido málico según la NTC 4106 de 1997.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos en los estados 5 y 6 para *R. alpinus* (6.53 y 8.11° Brix, respectivamente) se puede establecer el potencial a nivel comercial y agroindustrial de estos frutos, según la NTC 4106 de 1997. Según Alzate et al. (2010), estos valores son debidos al mejoramiento de algunas actividades precosecha como las podas y la fertilización, además de las condiciones agroecológicas de la zona, el grado de madurez y principalmente la variedad (Grijalba, 2010).

ATT

Para este parámetro no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) entre fincas; no obstante para el factor estado de madurez (Figura 2A) y la interacción estado por finca si se presentaron diferencias ($P < 0.05$), donde los frutos en estado de madurez 5 en la finca 3 presentaron valores promedio de 2.36, en comparación con frutos en la finca 4 y estado de madurez 6 con un valor promedio de 1.44 (Figura 2B).

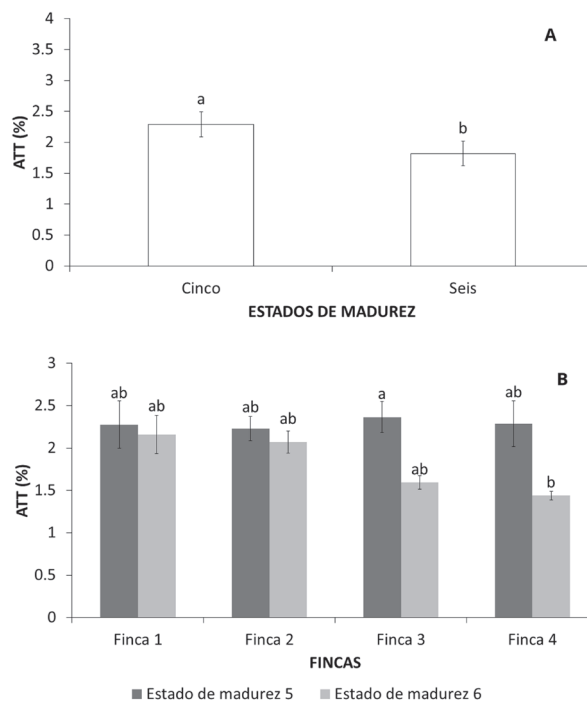


Figura 2 A. Comportamiento de la ATT en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **B.** Comportamiento de la ATT en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6.

La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

La mora *R. alpinus* presentó una disminución de la acidez titulable con el paso del estado de madurez 5 al 6, debido a que los ácidos orgánicos son usados como sustratos respiratorios (Kays, 2004). Esto coincide con lo reportado por Ayala et al. (2013) en mora castilla (*R. glaucus*) quienes encontraron una disminución de la ATT en los mismos estados de madurez.

De acuerdo con la norma NTC 4106 de 1997 la acidez titulable para estados de madurez 5 y 6 corresponde a 2.8 y 2.5, lo que convierte a *R. alpinus* en una especie con potencial para el consumo en fresco y para la industrialización, con valores de 2.28 y 1.85 para estos mismos estados.

Índice de madurez (IM)

Esta variable mostró diferencias ($P < 0.05$) entre cada uno de los factores evaluados (fincas, estados de madurez e interacción). En frutos de la finca 4 se presentó el mayor IM (4.75), mientras que en las fincas 2 y 1 estos valores fueron, respectivamente, de 3.18 y 3.09 (Figura 3A). Para los estados de madurez 5 y 6 se encontraron valores de IM promedios de 2.94 ± 0.86 y 4.76 ± 1.52 , respectivamente, (Figura 3B). En la finca 4 los frutos con estado de madurez 6 mostraron

el mayor valor promedio de IM (6.19), mientras que en la finca 1 los frutos con estado de madurez 5 presentaron un valor promedio de 2.41 (Figura 3C).

El IM es importante para la transformación o consumo del fruto en fresco, además es un índice de maduración útil en los procesos exportación. El incremento en el IM es debido, también, a una disminución en el contenido de ácidos orgánicos (Taiz y Zeiger, 2006) lo cual aumenta la calidad organoléptica del fruto.

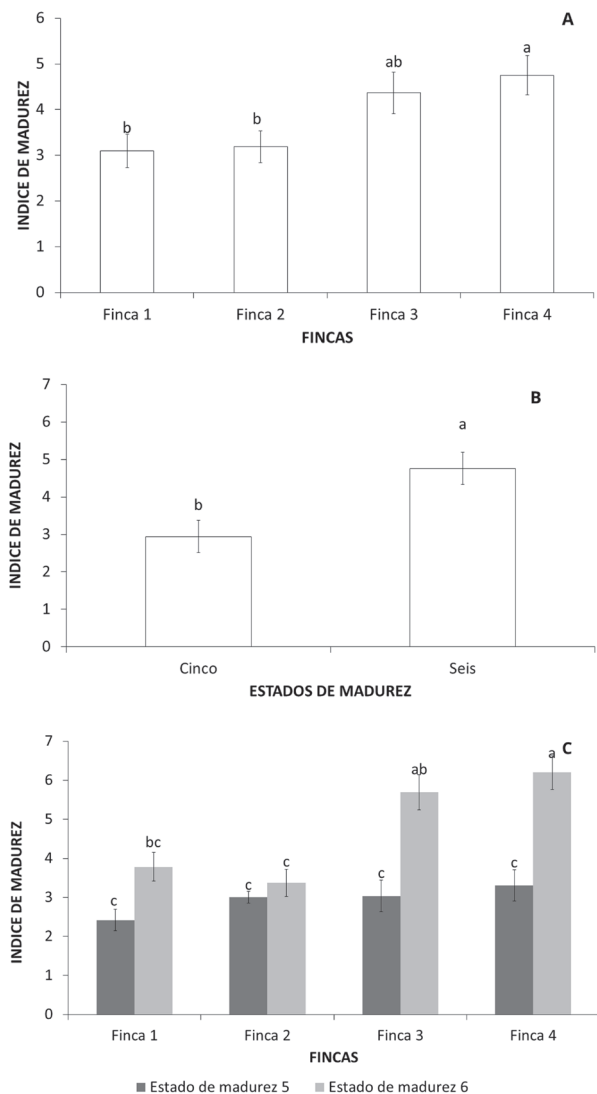


Figura 3 A. Comportamiento del IM en frutos de mora *R. alpinus* en las cuatro fincas. **B.** Comportamiento del IM en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **C.** Comportamiento del IM en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6.

La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey (P<0.05).

Según la norma NTC 4106 las exigencias de la industria procesadora de frutas, con relación al IM, debe ser 2.2 °Brix/% ácido málico. En este estudio este valor se alcanzó desde el grado 5 de maduración (2.9 °Brix/% ácido málico).

Diámetro y longitud del fruto

El diámetro de los frutos de mora *R. alpinus* presentó diferencias entre fincas, estado de madurez y su interacción (P < 0.05), en el primer caso los mayores valores se encontraron en las fincas 2, 4 y 1 (Figura 4A); para el caso de estados de madurez el mayor diámetro se presentó en el estado

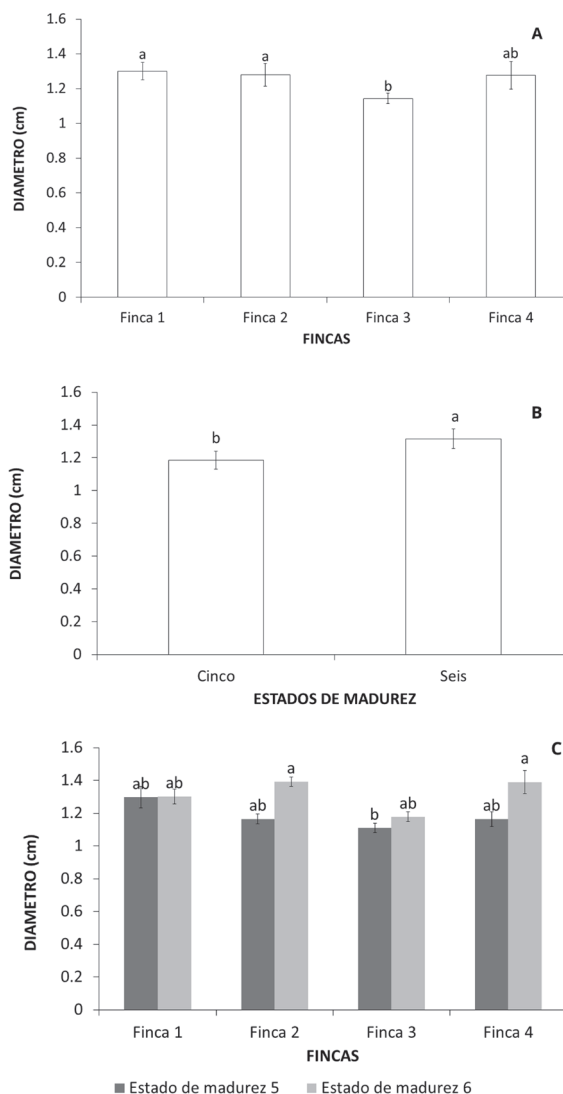


Figura 4 A. Comportamiento del diámetro en frutos de mora *R. alpinus* en las cuatro fincas. **B.** Comportamiento del diámetro en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **C.** Comportamiento del diámetro en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6.

La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey (P<0.05).

6 (1.31 cm) (Figura 4B); para la interacción el mayor valor se encontró en la finca 4 en estado de madurez 6 (1.39cm) (Figura 4C).

En la longitud de los frutos de mora *R. alpinus* fue diferente para el factor fincas, estado de madurez y su interacción ($P < 0.05$). En el caso de las fincas (Figura 5A) el mayor valor fue de 2.27cm. En los estados de madurez (Figura 5B) el estado 6 presentó el mayor valor con 2.25 cm: En la interacción el mayor valor fue de la finca 2, en estado de madurez 6 (2.49cm) (Figura 5C).

Los parámetros diámetro y longitud mostraron un comportamiento ascendente en el proceso de maduración, lo cual coincide con los hallazgos de

Ayala et al. (2013 b) quienes encontraron diámetros de 1.9 y 2 cm para estados de maduración 5 y 6, respectivamente, a la par de longitudes de 2.8 y 2.7 cm.

Según la norma NTC 4106 *R. alpinus*, por su diámetro, presenta frutos con calibre D y E (entre 13 y 14 mm de diámetro).

Firmeza (N)

La firmeza en los frutos de mora *R. alpinus* presentó diferencias ($P < 0.05$) entre fincas, estado de madurez y su interacción: Para fincas el mayor valor se encontró en la finca 4 (Figura 6A), para el caso de estados de madurez el mayor valor se

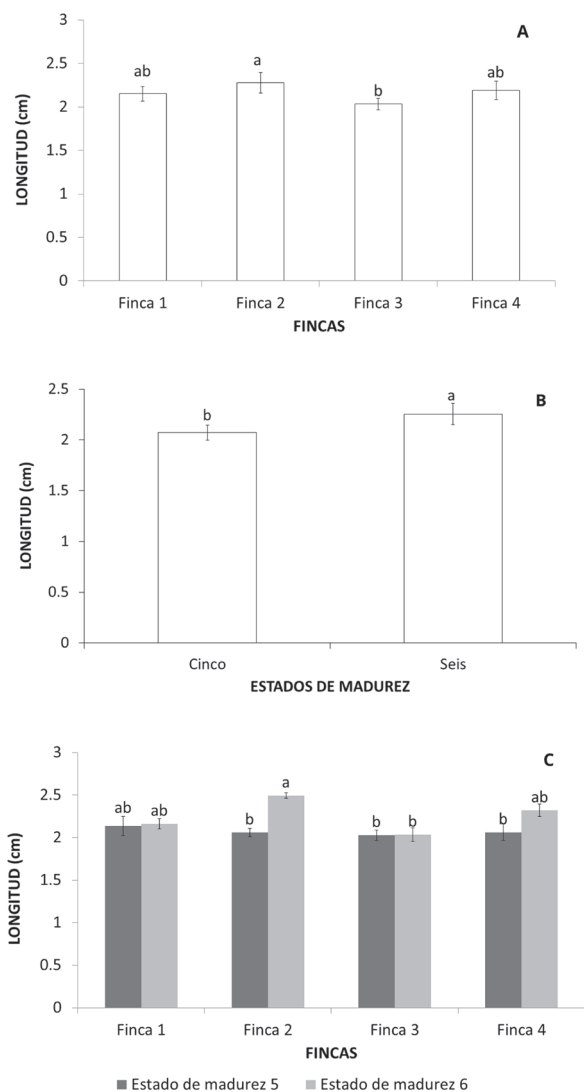


Figura 5 A. Longitud en frutos de mora *R. alpinus* en las cuatro fincas. **B.** Longitud en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **C.** Longitud en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

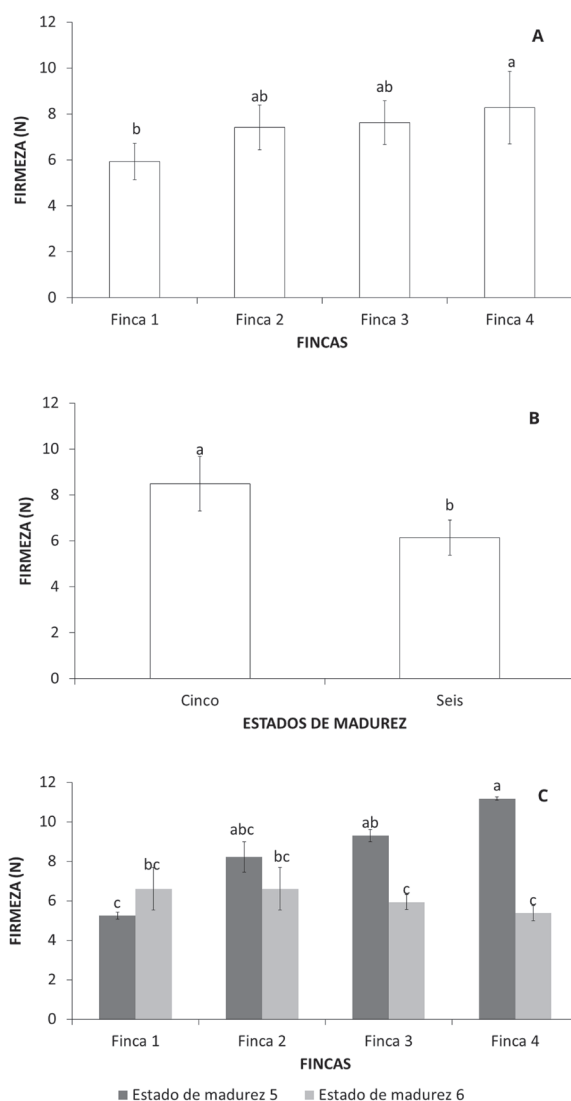


Figura 6 A. Firmeza en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro las fincas. **B.** Firmeza en frutos de mora *R. alpinus* en estados de madurez 5 y 6. **C.** Firmeza en frutos de mora *R. alpinus* en cuatro fincas y estados de madurez 5 y 6. La barra indica la diferencia mínima significativa según la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

presentó en el estado 5 (8.48 N) (Figura 6B). Para la interacción el mayor valor ocurrió en la finca 4 en estado de madurez 5 (11.17N) (Figura 6C).

Esta disminución de consistencia se debió a la hidrólisis de almidones y pectinas, que influye en la degradación de las paredes celulares y el debilitamiento de las fuerzas cohesivas que mantiene la unión entre células, lo que aumenta el ablandamiento de los frutos (Arias, 2000). La mora de castilla (*R. glaucus*) presenta una firmeza entre 2.5 y 2.25 N; en el caso de la mora brazos presentó valores de 2.45 y 1.86 N para grados de madurez 4 y 5 respectivamente. Pulido, (2012) en la zona de Sylvania, Cundinamarca, encontró valores de 7.74 N para grado de madurez 6.

Conclusiones

Rubus alpinus presentó un valor promedio de 8.18 °Brix, con un alto potencial tanto comercial como fruta fresca y agroindustrial como fruta procesada.

Las características fisicoquímicas de los frutos de mora en las zonas de estudio presentaron diferencias significativas entre fincas, lo que se atribuye a factores como el manejo agronómico y las condiciones edafoclimáticas de las zonas.

Referencias

- Álvarez, H. J.; Galvis, J.; y Balaguera, L. H. 2009. Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.), Agron. Col, 27(2) ,253-259.
- Ayala, L.; Valenzuela, C.; y Bohorquez, Y. 2013. Caracterización fisicoquímica de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) en seis estados de madurez. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 11(2) ,10-18.
- Ayala, L.; Valenzuela, C.; y Bohorquez, Y. 2014. Effect of an edible crosslinked coating and two types of packaging on antioxidant capacity of castilla blackberries. Food Sci. Technol, Campinas, 34(2), 281-286. doi:10.1590/fst.2014.0047
- Álzate, Q. A.; Mayor, M. N.; y Montoya, B. 2010. Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en dos zonas de la región centro sur del departamento de caldas. Universidad de Caldas, Instituto de Biotecnología Agropecuaria, 18 (2), 37 - 46.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica (2008). Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado, manual técnico. www.corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BAC-DIGITAL/55401/55402.pdf.10.02.2014
- Galvis, J. A.; Arjona, H.; Fisher, G.; y Martínez, R. 2005. Using modified atmosphere packaging for storing Van Dike mango (*Mangifera indica* L.) fruit: Agron. Col, 23(2), 269 - 275.
- Gómez-Romero, M.; Segura-Carretero, A.; y Fernández-Gutiérrez, A. 2010. Metabolite profiling and quantification of phenolic compounds in methanol extracts of tomato fruit. Phytochemistry, 71(16), 1848 - 1864.
- Grijalba, C.; Acalderon, L.; y Perez, M. 2010. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) con y sin espinas, cultivado a campo abierto en Cajicá - Cundinamarca Colombia. Universidad Militar Nueva Granada, 6(1), 24-41.
- Hassimotto, N. M.; Da Mota, R. V.; Cordenunsi, B. R.; y Lajolo, F. M. 2008. Physicochemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. Ciênc. Tecnol. Aliment, 28(3) ,702 - 708.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Corporación Latinoamericana Misión Rural, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Guía para la producción de frutales de clima frío moderado. www.misionrural.net/publicaciones/cartilla_frutas.pdf.10.02.2014.
- NTC 4106. 1997. Frutas frescas. Mora de castilla. Especificaciones. 13 p.
- Pinzón, M.; Fischer, G.; y Corredor, G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). Agron. Col, 25 (1), 83 - 95.
- Sora, A.; Fisher, G.; y Florez, R. 2006. Refrigerated storage of mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) fruits in modified atmosphere packaging. Agron. Col, 24 (2), 306 - 316.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 2006. Plant physiology, 5th ed. Sinauer Associates Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts U.S.A., 778p.
- Tosun, I.; Ustun, N. S.; y Tekguler, B. 2008. Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), 65(1), 87 - 90.
- Wills, R.; Mc Glasson, B.; Graham D.; and Joyce, D. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling. Cabi Publishing; Wallingford (UK), 161 p.