

# PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA MORA UVA (*Rubus floribundus* Kunth.) EN EL NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

M.R. Peñaloza-Acevedo<sup>1</sup>, G.O. Cancino-Escalante<sup>2</sup> y E. Quevedo-García<sup>3</sup>

## RESUMEN

Los frutos de *Rubus* son apreciados en productos frescos y procesados, por su alto valor nutricional, aroma y color. Se evaluó la variación de las propiedades físicas y químicas de la mora uva (*Rubus floribundus* Kunth) durante la maduración en el Norte de Santander, Colombia. Se cosecharon frutos según la fase fenológica (Ff) durante el proceso de maduración (Ff<sub>83</sub>, Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>), según la escala BBCH. Se determinaron parámetros físicos y químicos, bajo un diseño en arreglo factorial 3x6 con tres niveles de Ff y seis tiempos de medición (Tm). Los resultados mostraron efectos significativos principales y la interacción ( $p \leq 0,001$ ) Ff x Tm. Se observaron aumentos significativos ( $p \leq 0,001$ ) durante la maduración según la Ff en diámetro ecuatorial (DE), masa (M), pH y sólidos solubles totales (SST), con el mayor valor registrado para Ff<sub>87</sub> (12,77 mm; 4,03 g; 2,78; 8,81 °Brix, respectivamente), así como una alta correlación lineal positiva significativa ( $r=0,808$ ;  $p \leq 0,001$ ) entre DE y M. El índice de madurez (IM) y los SST mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) según la Ff, con los mayores valores a medida en que aumentó la maduración del fruto; mientras que la acidez total titulable (ATT) registró una disminución significativa ( $p \leq 0,05$ ) según la Ff, con el menor valor para Ff<sub>87</sub> (1,24 % ác. málico). Estos hallazgos proporcionan información valiosa para definir el momento óptimo de cosecha y establecer estándares de calidad, tanto para los productores como para la industria procesadora.

**Palabras clave adicionales:** Escala BBCH, fase fenológica, índice de madurez

## ABSTRACT

### Physical and chemical properties of the mulberry grapes (*Rubus floribundus* Kunth) in North Santander, Colombia

*Rubus* fruits are prized in fresh and processed products due to their high nutritional value, aroma, and colour. This study aimed to evaluate the variation in the physicochemical properties of blackberries (*Rubus floribundus* Kunth) during ripening in Norte de Santander, Colombia. Fruits were harvested according to their phenological stage (Ff) during ripening (Ff<sub>83</sub>, Ff<sub>85</sub> and Ff<sub>87</sub>) according to the BBCH scale. Physical and chemical parameters were determined based on Ff and the measurement time (Tm). These were determined according to Ff and measurement time (Tm). A 3x6 factorial design was employed, incorporating three levels of Ff and six Tm (weeks). The results showed significant main effects ( $p \leq 0.001$ ) and interactions ( $p \leq 0.001$ ) between phenological phases (Ff) and measurement times (Tm). Significant increases ( $p \leq 0.001$ ) were observed during ripening according to Ff in equatorial diameter (DE), mass (M), pH and total soluble solids (SST), with the highest values recorded for Ff<sub>87</sub> (12,77 mm; 4,03 g; 2,78; 8,81 °Brix, respectively). There was also a significant, high, positive linear correlation ( $r=0.808$ ;  $p \leq 0.001$ ) between DE and M. The maturity index (IM) and SST showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) according to Ff, with the highest values recorded as the fruit ripened; while the total titratable acidity (ATT) recorded a significant decrease ( $p \leq 0.05$ ) according to Ff, with the lowest value recorded for Ff<sub>87</sub> (1.24 % malic ác.). These findings provide valuable information to help determine the optimal harvest time and establish quality standards for producers and the processing industry alike.

**Additional Keywords:** BBCH scale, maturity index, phenological stage

---

Editor Asociado: Dra. Marie Tamara González.

---

## INTRODUCCIÓN

El género *Rubus* es autóctono de seis

continentes (Veberic *et al.*, 2021) y es uno de los géneros más diversos del reino vegetal, siendo sus principales componentes las frambuesas y las

---

Recibido: Noviembre 2, 2025

Aceptado: Marzo 31, 2026

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona. Programa de Ingeniería Agronómica, Norte de Santander, Colombia. e-mail: maria.roxanapenalaza97@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Básicas. Departamento de Biología, Norte de Santander, Colombia. e-mail: gcancino@unipamplona.edu.co

<sup>3</sup>Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Agronomía, Norte de Santander, Colombia. e-mail: enriquegarcia@unipamplona.edu.co (autor de correspondencia).

moras que pertenecen a la familia Rosaceae (Franco y Bernal, 2020). Sin embargo, los más producidos y consumidos en el mundo son las fresas, los arándanos, las moras, las frambuesas y las bayas de saúco (Sánchez *et al.*, 2020; Eyduran *et al.*, 2024).

Los frutos del género *Rubus* son especialmente apreciados en productos frescos y procesados, por ser coloridos y aromáticos (Eyduran *et al.*, 2024). También poseen bajo contenido calórico y un alto valor nutricional (Titiricã *et al.*, 2023); y por su alto contenido de antioxidantes (Mikulic *et al.*, 2017; Guevara *et al.*, 2024) se consideran beneficiosos para la salud (Zhang *et al.*, 2019; Sánchez *et al.*, 2020). En ese sentido, su consumo se relaciona con una menor incidencia de enfermedades cardiovasculares y obesidad (Cosme *et al.*, 2022).

La gran aceptación del fruto de mora por parte del consumidor ha contribuido con el crecimiento de la producción a nivel mundial en los últimos años (Sánchez *et al.*, 2020) y con ello la búsqueda de materiales promisorios de especies nativas para la siembra como *Rubus floribundus* Kunth (Quevedo *et al.*, 2025b). En Colombia existe una gran diversidad de especies del género *Rubus* (moras silvestres y cultivadas) que son recursos genéticos alternativos y prometedores para diversificar la producción frutícola, generar empleo e impulsar el desarrollo de varias regiones colombianas (Quevedo *et al.*, 2025a).

En relación con la producción de mora en el país, en 2023 Colombia reportó 170.125,36 t en una superficie de siembra de 16.972,81 ha y un rendimiento que se situó en 10,02 t·ha<sup>-1</sup>. Para el mismo año, el Departamento Norte de Santander contribuyó con el 4,17 % de la superficie sembrada (708,49 ha) y el 3,93 % (6.679,52 t) a la producción nacional, con un rendimiento registrado para este departamento de 9,43 t·ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2025).

Para la industria agroalimentaria y el consumidor, tanto la calidad interna como la apariencia de la fruta es fundamental (Mikulic *et al.*, 2021). Las moras son no climatéricas (Shah *et al.*, 2023), presentan una alta tasa de respiración y un elevado contenido de agua que junto con la ausencia de un epicarpio protector, las hacen muy susceptibles a daños mecánicos y a afecciones postcosecha ocasionadas por hongos (Chen *et al.*, 2020). Es por esta razón que la mora es altamente

perecedera con una limitada vida útil, que ocasiona dificultad para su almacenamiento, procesamiento y comercialización (Shah *et al.*, 2023).

Los frutos del género *Rubus* botánicamente se clasifican como agregados o polidrupas, formados por numerosas drupeolas derivadas de carpelos individuales en una misma flor y dispuestas sobre un receptáculo común (Wu *et al.*, 2021). Durante la maduración las drupas presentan cambios progresivos de color que son utilizados como indicadores del estado de madurez (Wu *et al.*, 2021). Este proceso se inicia con drupas de color rojo y algunas verdes e inmaduras, seguido de estados intermedios donde éstas se tornan color rojo y algunas morado; y culmina con un color rojo intenso o morado, debido principalmente a la acumulación de antocianinas y otros compuestos fenólicos (Chen *et al.*, 2020; Wu *et al.*, 2021).

Al respecto se ha reportado que, dependiendo de las etapas de la cadena de suministro, se pueden registrar pérdidas del 30 al 60 %. Ese estudio reveló que el mayor porcentaje ocurrió durante el transporte, alcanzando 60 % de las pérdidas totales cuando éstas se compararon entre las diferentes etapas de la cadena de suministro; mientras que, casi el 30 % de la fruta producida se perdió durante la manipulación de la cosecha, el almacenamiento, la venta minorista y en el hogar (FAO, 2023).

Por su parte el índice de aceptabilidad de las frutas, por parte del consumidor, está influenciado por los azúcares y los ácidos orgánicos que son las principales sustancias solubles en el agua e inciden en el sabor y la madurez de las moras (Mikulic *et al.*, 2012). Entre estos dos componentes de las frutas, los ácidos orgánicos están presentes en mayor cantidad en las inmaduras y van disminuyendo drásticamente a medida en que maduran (Samaniego *et al.*, 2020; Simkova *et al.*, 2024). Estos cambios pueden afectar las propiedades químicas y sensoriales (acidez iónica, la acidez total, los sólidos solubles) y la estabilidad microbiana de la fruta (Nisar *et al.*, 2025). Al respecto, estudios en *Rubus ulmifolius* Schott encontraron que los sólidos solubles totales, los azúcares y el pH se incrementaron durante la maduración, mientras que la acidez titulable disminuyó (Castro *et al.*, 2023).

Evaluaciones de genotipos de *R. glaucus*

Benth. en Colombia, destacaron la importancia de la madurez de la fruta en la determinación de la vida útil y la aceptación por parte del consumidor, porque los frutos presentan un mayor dulzor al alcanzar la madurez completa, caracterizada por una firmeza reducida (Skrovankova *et al.*, 2015; Guevara *et al.*, 2024), bajo contenido de ácidos orgánicos (Skrovankova *et al.*, 2015; Simkova *et al.*, 2024), y niveles elevados de azúcares y antocianinas (Skrovankova *et al.*, 2015). De allí la necesidad de definir, durante la maduración, la mejor fase fenológica para la cosecha, para lograr una mayor vida útil del fruto, junto con satisfacer las preferencias del consumidor (Sánchez *et al.*, 2020). En Colombia el índice de madurez es la referencia para determinar la calidad organoléptica y el grado de madurez del fruto. Para la cosecha de moras se emplea un valor estándar de índice de madurez cuyo valor varía de 2,2 a 3,1; que, por definición, es el cociente entre el contenido de sólidos solubles totales y la acidez total titulable (ICONTEC, 1997).

La calidad de las frambuesas rojas ha sido bien estudiada (Sánchez *et al.*, 2020; Veberic *et al.*, 2021; Titiricã *et al.*, 2023); sin embargo, los análisis de calidad del fruto de mora uva son limitados en la literatura. Así destacan los estudios de Quevedo *et al.* (2025b) quienes reportaron que los frutos de *R. floribundus* se pueden cosechar a partir de los 124 días después de observarse el botón floral, y sus características físicas y químicas fueron: masa 0,3 a 6,0 g, 14,1 a 18,5 mm de diámetro ecuatorial, 3,2 a 3,3 de acidez iónica, sólidos solubles totales de 9,3 a 10,1 °Brix, de 0,7 a 1,0 % de ácido málico y un índice de madurez de 9,5 a 13,8.

Por su parte, Lápiz *et al.* (2024) evaluaron cuatro especies silvestres de *Rubus* en Perú, destacando que *R. floribundus* presentó el mayor contenido de sólidos solubles totales (9,58 °Brix) y acidez total titulable (1,88 % ácido cítrico), así como menor pH (2,94). Además, *R. floribundus* registró menor morfometría: menor crecimiento polar (11,57 mm) y ecuatorial (11,43 mm), y menor masa (0,92 g), en comparación con el resto de las especies evaluadas. También presentó una elevada capacidad antioxidante con valores (49,59 mg equivalente Trolox·g fruta fresca) cercanos a los reportados para las especies mejor calificadas.

La mayoría de los estudios se han realizado con cultivares comerciales de *Rubus* en climas

templados, con poca atención a cultivares silvestres adaptados a zonas del trópico alto andino. En ese sentido, el objetivo del presente estudio fue evaluar la variación de las propiedades físicas y químicas de la mora uva (*Rubus floribundus* Kunth) durante la maduración en el Departamento Norte de Santander, Colombia. Los resultados serán útiles para determinar el momento óptimo de cosecha y establecer estándares de calidad, tanto para los productores como para la industria procesadora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Zona de estudio.** El estudio se realizó en una finca productora de mora uva denominada El Pararrayo (7°23'12''N, 72°41'9''W, 2800 msnm), ubicada en la vereda Cúnuba, municipio Pamplona, Norte de Santander, Colombia, donde prevalecen suelos moderadamente ácidos (pH 5-6) de textura franco arenosos del tipo Inceptisol, con temperaturas que oscilan entre 14 y 16 °C y una precipitación acumulada anual promedio de 1.600 mm (IGAC, 2011).

**Material vegetal.** De una población de 160 plantas de *Rubus floribundus* Kunth, especie que se distingue por su forma arbustiva, con flores con pétalos blancos a rosado claro, y ramas con espinas (Cancino *et al.*, 2011), se seleccionaron 15 plantas de propagación asexual y un año de siembra. Las plantas sembradas a una distancia de 3 x 3 m (1111 plantas·ha<sup>-1</sup>) se encontraban en plena producción en la fase fenológica de maduración del fruto, nivel 8 según la escala BBCH (Enz y Dachler, 1998), y estaban conducidas con un tutoreado "T sencilla". Este sistema mecánico de soporte de la planta, elaborado con alambre, tubos de PVC, madera y otros materiales (Franco y Bernal, 2020), es una estructura en la que se fijan las ramas de las plantas para ser conducidas, dada la morfología postrada del género *Rubus* (Ramírez, 2023). En relación con el manejo hortícola del cultivo, la producción fue bajo secano con riego suplementario con microaspersión durante 90 días (lámina: 3 mm·día<sup>-1</sup>), fertilización convencional con fórmula completa (93,75 g·planta<sup>-1</sup>, dos aplicaciones al año) y bajo requerimiento de control de plagas dada su rusticidad (Moreno *et al.*, 2018). La producción es continua durante el año y las podas se realizaron en las ramas

secundarias o terciarias después de la cosecha, con una frecuencia quincenal.

**Muestreo y procesamiento.** Durante septiembre y octubre (periodo lluvioso) se realizaron 6 cosechas de fruta, con una frecuencia quincenal, que representó el 25 % de las cosechas durante un año de producción. Las frutas de mora uva se recolectaron de forma aleatoria a mano directamente de las plantas, según la fase

fenológica de maduración del fruto de la escala BBCH (Enz y Dachler, 1998) en tres estados de madurez, determinados según el color del epicarpio de la drupa (Enz y Dachler, 1998): inmaduro (Ff<sub>83</sub>), drupas con drupelas rojas y algunas verdes; intermedio (Ff<sub>85</sub>), drupas con drupelas rojas y algunas moradas; y la sub fase maduro (Ff<sub>87</sub>), drupas con todas las drupelas completamente moradas (Figura 1).



**Figura 1.** Mora uva (*Rubus floribundus*) recolectada en campo en diferentes grados de madurez de acuerdo con el color del epicarpio de la drupa. Fase fenológica 8: maduración de la polidrupa; inmaduro (Ff<sub>83</sub>); intermedio (Ff<sub>85</sub>); y la sub-fase maduro (Ff<sub>87</sub>).

Para definir el estado de madurez de forma objetiva, el color del epicarpio de la drupa se determinó por comparación mediante el Sistema de Notación Munsell. La notación define los valores para los parámetros hue (matiz), value (valor) y chroma (croma), y el color Munsell asigna un nombre de color a una determinada notación (Munsell, 2022). El fruto se colocó sobre una base de cartulina color blanco y se comparó el color predominante del epicarpio de la drupa con el mencionado sistema Munsell, tomando el dato con mayor similitud.

Se recolectó 1 kg de frutos por estado de madurez de las 15 plantas seleccionadas en campo, durante seis muestreos con una frecuencia semanal. Los frutos se colocaron en bolsas plásticas de cierre hermético, se trasladaron al laboratorio de industrialización y postcosecha de la Universidad de Pamplona y se almacenaron en

refrigeración (1 °C), durante 24 h para su posterior análisis físico y químico.

**Propiedades físicas.** La determinación de los parámetros físicos se realizó seleccionando al azar 30 frutos de la muestra recolectada en campo, según el estado de madurez del fruto y tiempo de medición. El diámetro ecuatorial (mm) se determinó mediante el uso de un calibre digital (Ubermann, Chile) y la masa (g) con una balanza de precisión (Ohaus scout pro SP401, EE. UU.), con capacidad de 400 ± 0,1 g.

**Propiedades químicas.** Para cuantificar las variables químicas se utilizaron 10 submuestras de 10 g, seleccionadas de la muestra recolectada en campo por cada estado de madurez del fruto y tiempo de medición. La acidez iónica (pH) se determinó por potenciometría (Hanna Instruments, Italia) a 20 °C, siguiendo el método 981.12/90 de la AOAC (AOAC, 2005).

Los sólidos solubles totales (SST) se midieron en el zumo de la fruta en cada estado de madurez con un refractómetro (Brixco FG109) (0-32 °Brix, resolución 0,2 %) con compensación automática de la temperatura y según la metodología de la AOAC 932.12 (AOAC, 1995).

La acidez total titulable (ATT, % ácido málico) se determinó según la norma AOAC 942.15 (AOAC, 2005) y se calculó mediante la ecuación.

$$\text{Acidez total titulable (\%)} = \frac{(V \times N \times C)}{W} \times 100$$

Donde V: Volumen gastado de NaOH (mL), N: Normalidad del NaOH (0,1 N), C: Peso equivalente del ácido málico (0,067 g·meq<sup>-1</sup>), W: Masa de la muestra (g).

**Índice de madurez.** De la muestra de fruta recolectada en campo se seleccionó una muestra de 10 g, por cada estado de madurez y tiempo de medición, para determinar el índice de madurez. El índice de madurez (IM) se calculó según la ecuación.

$$IM = \frac{SST(^{\circ}Brix)}{ATT (\% \text{ ácido málico})}$$

Donde SST: Sólidos solubles totales, ATT: Acidez total titulable.

**Diseño y análisis estadístico.** El diseño de investigación fue cuasiexperimental, donde el factor fijo (fase fenológica) está dado. Se realizaron mediciones de la variable dependiente durante seis semanas en cada unidad de observación, tanto para los parámetros físicos como los químicos. Otros factores fijos fueron la semana y la interacción entre fase fenológica del fruto (3 niveles de fase fenológica, Ff) y semana (6 niveles de tiempo de medición, Tm), formándose un arreglo factorial 3x6. La unidad de observación donde se midió el diámetro ecuatorial y la masa del fruto fue un fruto con 30 repeticiones por cada Ff. La unidad de observación donde se estimaron los parámetros químicos fue una muestra de 10 gramos de fruto en forma de zumo, con submuestras dentro de la unidad de observación para luego obtener la media de la variable en cada muestra, con 10 repeticiones por cada Ff. La unidad de observación donde se estimó el índice de madurez fue una muestra de 10 gramos de fruto en forma de jugo por cada Ff y Tm (semana). Debido a que el muestreo fue destructivo, las mediciones en el

tiempo no se consideran medidas repetidas.

Antes de proceder a realizar el análisis estadístico, se realizó un análisis exploratorio de los datos (AED). El análisis estadístico de los datos (SPSS, versión 27.0) se organizó mediante un esquema de parcelas divididas en el tiempo, considerando el estado fenológico del fruto como factor en la parcela principal y al tiempo de medición en la subparcela. Para detectar las diferencias entre las medias de la interacción entre las Ff y el Tm se empleó la prueba de Bonferroni. La diferencia de medias fue significativa en el nivel de  $p \leq 0,05$ .

En relación con la variable índice de madurez el análisis estadístico de los datos contempló el uso de la prueba no paramétrica para tres muestras relacionadas de Friedman, que formaron las fases fenológicas y se compararon las medianas de los rangos, en un nivel de  $p \leq 0,05$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

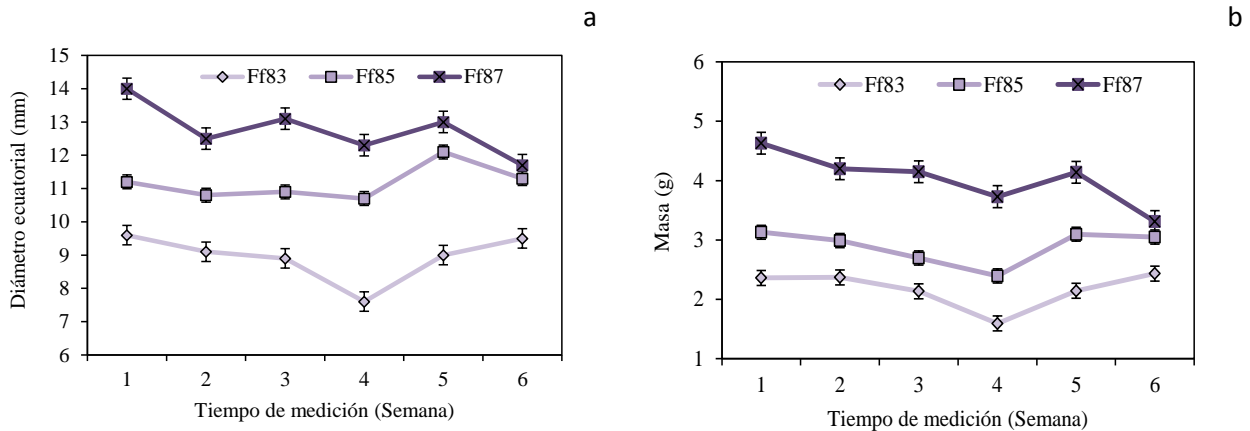
El análisis estadístico reveló efectos significativos principales y su interacción ( $p \leq 0,001$ ) de las fases fenológicas (Ff) y el tiempo de medición (Tm), para las variables diámetro ecuatorial (DE), masa (M), acidez iónica (pH) y sólidos solubles totales (SST) (Cuadro 1). Se deduce que todos los efectos principales e interacciones resultaron significativos sobre todas las variables respuesta y la interacción. Esto es un indicador de que el efecto de la fase fenológica no fue el mismo en todas las semanas o tiempo de medición y se presentan perfiles diferentes en las medias durante las seis semanas.

**Propiedades físicas.** En la Figura 2 se presentan las gráficas de los perfiles o trayectorias de las medias del diámetro ecuatorial y la masa a lo largo del Tm, en cada Ff del fruto. En figura 2a aparecen representadas las medias de diámetro ecuatorial, calculadas en cada subgrupo formado por la combinación de los niveles del factor Ff y Tm. Ff<sub>87</sub> presentó un perfil de medias cuyos valores fueron superiores en todos los Tm, seguido por el Ff<sub>85</sub>; el que presentó el perfil de medias más bajo fue el Ff<sub>83</sub>, indicando que los frutos alcanzaron mayor diámetro ecuatorial en la medida en que maduró el fruto (Quispe *et al.*, 2025).

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para las variables diámetro ecuatorial, masa, acidez iónica y sólidos solubles totales de frutos de mora uva (*Rubus floribundus*) en diferentes grados de madurez, en el Departamento Norte de Santander, Colombia.

<b>Diámetro ecuatorial (mm)</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>Masa (g)</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Fase fenológica (Ff)	2	0,000*	Fase fenológica (Ff)	2	0,000*
Ff(Rep)= error a	87	0,905 <sup>ns</sup>	Ff(Rep)= error a	87	0,916 <sup>ns</sup>
Tiempo de medición (Tm)	5	0,000*	Tiempo de medición (Tm)	5	0,000*
Ff x Tm	10	0,000*	Ff x Tm	10	0,000*
Error b	432		Error b	430	
Total corregido	536		Total corregido	534	
CV= 20,36 %			CV= 37,92 %		
<b>Acidez iónica (pH)</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>	<b>Sólidos solubles totales (°Brix)</b>	<b>gl</b>	<b>p-valor</b>
Fase fenológica (Ff)	2	0,000*	Fase fenológica (Ff)	2	0,000*
Ff(Rep)= error a	27	0,018 <sup>ns</sup>	Ff(Rep)= error a	27	0,308 <sup>ns</sup>
Tiempo de medición (Tm)	5	0,000*	Tiempo de medición (Tm)	5	0,000*
Ff x Tm	10	0,000*	Ff x Tm	10	0,000*
Error b	135		Error b	135	
Total corregido	179		Total corregido	179	
CV= 11,49 %			CV= 27,78 %		

La prueba de F y su significancia para fase fenológica, se realizó separada con el error a, para los otros factores: tiempo de medición y fase fenológica x tiempo de medición, se utilizó el error b, \*: significativo al  $p \leq 0,001$ , ns: no significativo.



**Figura 2.** Variables físicas de frutos de mora uva (*Rubus floribundus*), en diferentes grados de madurez: fruto inmaduro (Ff<sub>83</sub>), intermedio (Ff<sub>85</sub>), sub-fase maduro (Ff<sub>87</sub>), en el Departamento Norte de Santander, Colombia.

El rango de valores de 11,70 a 14 mm registrado para Ff<sub>87</sub> es superior a lo reportado por Lápiz *et al.* (2024), e inferior a lo señalado por Quevedo *et al.* (2025b), en ambos estudios para frutos maduros de la misma especie. Al respecto, se ha señalado que la morfometría es una característica intrínseca del cultivar (Titiricã *et al.*, 2023). Al realizar una comparación del valor medio del diámetro ecuatorial del fruto entre las Ff, destacó un incremento del diámetro ecuatorial de 14,33 % entre Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>, que fue menor en

comparación con el registrado entre Ff<sub>83</sub> y Ff<sub>85</sub> (24 %), lo que reflejó un crecimiento del fruto en el diámetro ecuatorial. Éste puede ser atribuido a la expansión celular durante el desarrollo del fruto, lo cual aumenta sus dimensiones y la acumulación de ceras epicuticulares (Al-Saif *et al.*, 2022).

En la semana 4 (Tm), se presentó una disminución de los valores medios del diámetro ecuatorial seguido de un incremento en la quinta semana, en las tres Ff; para luego, en la última

semana (6) disminuir en Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>; mientras que, en Ff<sub>83</sub> hubo un incremento medio del diámetro ecuatorial. Sólo se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ) desde la semana 1 hasta la 4 para la interacción Ff y Tm.

De manera similar, en la figura 2b, se presentan las medias de la masa calculada en cada subgrupo formado por la combinación de los niveles del Tm y el factor Ff del fruto. Los perfiles de medias de masa fueron similares a los del diámetro ecuatorial. Ff<sub>87</sub> presentó un perfil de medias de masa cuyos valores fueron superiores en todos los Tm, seguido por Ff<sub>85</sub>; la que presentó el perfil de medias más bajo fue Ff<sub>83</sub>.

En el tiempo de medición, o semana 4, se presentó una disminución de los valores medios de masa en las tres Ff; sin embargo, se notó un incremento en la quinta semana, en las tres Ff, para luego, en la última semana (6), producirse una disminución de las medias en Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>; mientras que en el estado Ff<sub>83</sub> hubo un incremento medio de la masa del fruto.

Desde la semana 1 a la 4 se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ) entre las medias de masa del fruto en las tres Ff. Sin embargo, durante la sexta semana no se observaron diferencias significativas ( $p = 0,644$ ) entre Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>. Así mismo, se encontró una alta correlación lineal positiva significativa ( $r = 0,808$ ;  $p \leq 0,001$ ) entre el diámetro ecuatorial y la masa. Esta alta correlación está relacionada con el crecimiento del fruto, atribuida a la expansión celular que ocurre en los frutos durante su desarrollo y por ende incremento del tamaño (Al-Saif *et al.*, 2022).

La práctica de cosecha de la mora uva se realiza de forma tradicional, durante un periodo de tiempo que es variable dependiendo del cultivar, el manejo de la plantación y la zona de producción (Quevedo *et al.*, 2025b). De allí la necesidad de efectuar varias cosechas durante la maduración del fruto para recolectar toda la producción (de Souza *et al.*, 2014). Al respecto, estudios de Quevedo *et al.* (2025b) en *R. floribundus* reportaron un período de crecimiento de botón floral a cosecha de 124 días, con una duración de 24 días para la maduración del fruto (fase 8). Esta condición pudiera explicar las diferencias estadísticas observadas entre los Tm, debido a que el fruto presenta un tiempo de maduración heterogéneo incluso en una misma planta, además de ser una

práctica que se realiza manualmente (Quevedo *et al.*, 2025b).

Por su parte, Titiricã *et al.* (2023) señalaron que la respuesta en el tamaño de un fruto y por ende en la producción y el rendimiento, es una característica intrínseca del cultivar. Adicionalmente, se ha demostrado que la respuesta productiva de un cultivar está influenciada por la condición edafoclimática del lugar de producción (Schmidt y Felsche, 2023; Quevedo *et al.*, 2025b).

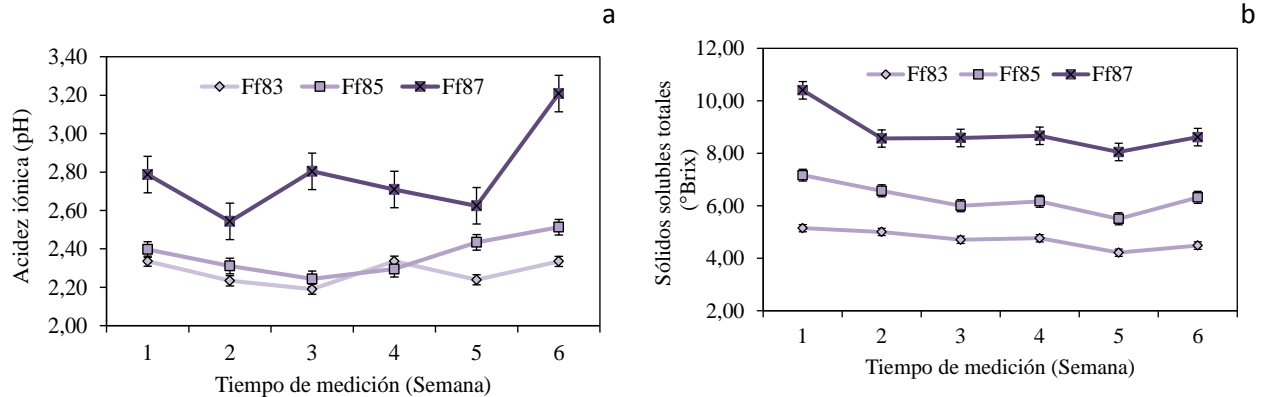
**Propiedades químicas.** En la figura 3 se visualizan las gráficas a y b que representan las interacciones entre las Ff y el Tm para las variables químicas acidez iónica y sólidos solubles totales, respectivamente. En la figura 3a se observa la trayectoria o perfil de la media de acidez iónica durante las seis semanas. En todas las semanas de medición se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0,001$ ) entre las tres Ff notándose, sin embargo, la mayor diferencia visual en la sexta semana. Esto apunta a que el efecto de la interacción entre las Ff y los Tm resultaron significativos ( $p \leq 0,001$ ) y el efecto de la Ff dependió del tiempo en que se hizo la medición.

El valor medio de pH del fruto se incrementó según la Ff, como lo han señalado Castro *et al.* (2023), con el mayor valor para Ff<sub>87</sub>, indicando una disminución de la acidez con el aumento de la maduración. El valor para la Ff<sub>87</sub> fue similar al reportado para frutos maduros de *Rubus glaucus* sin espinas (2,87) (Guerrero *et al.*, 2023) pero menor al señalado por Quevedo *et al.* (2025b) para fruto maduro de la misma especie (3,2 a 3,3) en estudio.

En relación con los sólidos solubles totales (SST), en la figura 3b se representan los valores medios en cada uno de los perfiles de las Ff por cada semana de medición (Tm), detectándose unos comportamientos similares de las medias de acidez iónica para todos los Tm. Las medias en el perfil de Ff<sub>87</sub> superaron a los registrados para Ff<sub>83</sub> y Ff<sub>85</sub>, con diferencia significativa ( $p \leq 0,001$ ) para las tres Ff en todas las semanas de medición (Tm), indicando un incremento de los SST en la medida en que maduró el fruto, como lo afirmaron Samaniego *et al.* (2020). La trayectoria de las medias en las Ff depende de las semanas de medición (Tm). De la medición de la quinta semana a la sexta se visualiza un incremento de

los SST en las tres Ff. Ff<sub>87</sub> superó los valores exigidos por la NTC-4106 (ICONTEC, 1997) para

*R. glaucus* (7,7-8,5) como aceptable para la comercialización de mora.



**Figura 3.** Variables químicas de frutos de mora uva (*Rubus floribundus*), en diferentes grados de madurez: fruto inmaduro (Ff<sub>83</sub>), intermedio (Ff<sub>85</sub>), sub-fase maduro (Ff<sub>87</sub>), en el Departamento Norte de Santander, Colombia.

La diferencia de los valores medios de sólidos solubles totales observada entre las Ff obedece a que durante la maduración los sólidos solubles totales se incrementan (Castro *et al.*, 2023) a expensas del gasto de ácidos orgánicos (Samaniego *et al.*, 2020; Simkova *et al.*, 2024) producto de altas tasas de respiración que caracterizan a las frutas no climatéricas como la mora (Chen *et al.*, 2020; Horvitz *et al.*, 2024).

Las variaciones observadas en los parámetros físicos y químicos determinados en los frutos de *R. floribundus* durante el tiempo de medición, son en gran medida el resultado de interacciones complejas entre factores genéticos y ambientales, que pueden afectar significativamente la calidad final del fruto (La Spada *et al.*, 2024).

**Índice de madurez.** La prueba de Friedman proporcionó diferencias en el índice de madurez (Cuadro 2), esto es un indicador de que la Ff del fruto afectó en forma significativa ( $p \leq 0,05$ ), siendo responsable de la variabilidad encontrada en dicho índice; así como, las medianas de los rangos de la prueba de Friedman en las tres Ff del fruto. Se observó una clara tendencia a mayores valores a medida en que aumentaba la madurez, confirmando que las distintas fases fenológicas se definieron adecuadamente.

El rango del IM fue de 2,12 a 7,62 °Brix/% ac. málico para Ff<sub>83</sub> y Ff<sub>87</sub>, respectivamente. El valor registrado para Ff<sub>87</sub> fue inferior al de Quevedo *et*

*al.* (2025b) para el fruto maduro (9,5-13,8 °Brix/% ac. málico) de la misma especie estudiada. Sin embargo, fue superior al de Guerrero *et al.* (2023) para el fruto maduro de *R. glaucus* (1,88-3,7 °Brix/% ac. málico). El IM determina la calidad organoléptica y el grado de madurez del fruto (ICONTEC, 1997). Durante la maduración del fruto, los SST aumentan y la ATT disminuye (Samaniego *et al.*, 2020), como se evidencia en el presente estudio.

Estas variaciones pudieran estar relacionadas con cambios metabólicos como el uso de ácidos en el ciclo de Krebs durante la síntesis de azúcares, así como el aumento del contenido de agua y la consecuente disminución de los ácidos por efecto de dilución (Seleiman *et al.*, 2021). Sin embargo, según lo afirmaron Shah *et al.* (2023) el mecanismo asociado al metabolismo de azúcares y ácidos orgánicos y las enzimas asociadas, aún no ha sido bien documentado durante la maduración del fruto de *Rubus*.

Por su parte, los SST están asociados a la cantidad de azúcar en la fruta; de allí que se observe un incremento según la Ff (Cuadro 2), siendo 33,20 % de Ff<sub>83</sub> a Ff<sub>85</sub> y 40,15 % de Ff<sub>85</sub> a Ff<sub>87</sub>, lo cual evidencia el incremento de los SST del fruto en la medida que avanza el estado de madurez (Ff<sub>83</sub>-Ff<sub>87</sub>), coincidiendo con Fuentealba *et al.* (2024).

**Peñaloza et al. Propiedades de la mora uva en el Norte de Santander, Colombia**

**Cuadro 2.** Prueba de Friedman para el índice de madurez (IM), sólidos solubles totales (SST) y acidez total titulable (ATT) de frutos de mora uva (*Rubus floribundus*) según el estado de madurez.

Fase fenológica	Índice de madurez	Sólidos solubles totales (°Brix)	Acidez total titulable (% ác. málico)
	Rango promedio de Prueba de Friedman		
Inmaduro (Ff <sub>83</sub> ), drupas con drupelas rojas y algunas verdes	2,12	5,00	2,38
Intermedio (Ff <sub>85</sub> ), drupas con drupelas rojas y algunas moradas	3,16	6,60	2,06
Maduro (Ff <sub>87</sub> ), drupas con todas sus drupelas completamente moradas	7,62	9,40	1,16
Estadísticos de prueba			
N	6	6	6
Chi-cuadrado	12	12	12
Grados de libertad	2	2	2
Significancia asintótica	0,002	0,002	0,002

En el Cuadro 3, los resultados de la prueba de rangos de Friedman, muestran que la comparación por pareja para el índice de madurez se diferencia claramente entre las Ff, Ff<sub>83</sub>: Inmaduro, drupas con drupelas rojas y algunas verdes; y Ff<sub>87</sub>: Maduro, drupas con todas sus drupelas completamente moradas; no así, entre Ff<sub>83</sub>: Inmaduro, drupas con drupelas rojas y algunas verdes y Ff<sub>85</sub>: Intermedio, drupas con drupelas rojas y algunas moradas, ni entre Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>, en las cuales, son similares; comportamiento que igual se observó para las variables SST y ATT.

Las diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) observadas en la comparación de la mediana de los rangos entre Ff<sub>83</sub> y Ff<sub>87</sub> para las variables IM, SST y ATT, obedecen a que durante el proceso de maduración ocurren cambios fisiológicos, físicos y químicos, como la pérdida de masa, la respiración, la transpiración, el ablandamiento de la pulpa, así como las alteraciones en los niveles de azúcar y acidez (Sinha et al., 2019). Estos cambios reducen la vida útil de la fruta (Sinha et al., 2019) y en consecuencia el tiempo durante el cual los alimentos frescos son aptos para la comercialización y el consumo humano (Onethird, 2022).

Las frutas no climatéricas, al no producir etileno, poseen una capacidad limitada para ablandarse o cambiar de sabor después de la cosecha, son más susceptibles a daños durante el transporte y tienen una vida útil más corta en comparación con las frutas climatéricas (Galli et al., 2021). Es por esta razón que cobra relevancia evaluar la variación de los parámetros físicos y químicos de la fruta de mora uva (*R. floribundus*) durante el proceso de maduración, la cual es de interés para productores y la industria procesadora de este fruto.

Adicionalmente, el registro de similitud en la comparación por pareja de la prueba de rangos de Friedman entre Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub> para las variables IM, SST y ATT, así como los mayores valores para estas variables durante estas dos fases, pueden ser oportunos para sugerir que los frutos de mora uva sean cosechados y clasificados según la Ff (83, 85 y 87) para su comercialización, de acuerdo con el destino de la fruta. Esta sugerencia está soportada, además, en el IM para las diferentes Ff de *R. floribundus* (Cuadro 2), el cual cumple y supera los estándares de calidad para la comercialización, según la norma colombiana para *Rubus* (ICONTEC, 1997).

**Cuadro 3.** Prueba de rangos de Friedman para el índice de madurez (IM), sólidos solubles totales (SST) y acidez total titulable (ATT) de frutos de mora uva (*Rubus floribundus*) según el estado de madurez.

Comparaciones por pareja	Estadístico de prueba	Desviación Error	Desviación Estadístico Prueba	Significancia	Significancia Ajustada
<b>Índice de madurez</b>					
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>85</sub>	-1,000	0,577	-1,732	0,083	0,250
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>87</sub>	-2,000	0,577	-3,464	0,001	0,002
Ff <sub>85</sub> - Ff <sub>87</sub>	-1,000	0,577	-1,732	0,083	0,250
<b>Sólidos solubles totales</b>					
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>85</sub>	-1,000	0,577	-1,732	0,083	0,250
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>87</sub>	-2,000	0,577	-3,464	0,001	0,002
Ff <sub>85</sub> - Ff <sub>87</sub>	-3,000	0,577	-1,732	0,083	0,250
<b>Acidez total titulable</b>					
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>85</sub>	-1,000	0,577	-1,732	0,083	0,250
Ff <sub>83</sub> - Ff <sub>87</sub>	-2,000	0,577	-3,464	0,001	0,002
Ff <sub>85</sub> - Ff <sub>87</sub>	-1,000	0,577	-1,732	0,083	0,250

Ff<sub>83</sub>: Inmaduro; Ff<sub>85</sub>: Intermedio; Ff<sub>87</sub>: sub-fase maduro. Cada fila prueba la hipótesis nula que las distribuciones de las comparaciones por pareja son iguales. Se visualizan las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales).  $p \leq 0,05$ . Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección Bonferroni para varias pruebas.

El sistema de codificación numérica del color de los frutos de *R. glaucus* relaciona los cambios de color (siete) de la fruta con los diferentes estados de madurez. Este contempla desde frutos con color amarillo verdoso con sus drupillas bien formadas (0) hasta frutos con color morado oscuro (6). Además, exige requisitos específicos asociados con SST, ATT e IM para cada estado de madurez del fruto, con un rango de valores para el IM entre 2,2 y 3,1 °Brix/ác. málico para las fases 4 a la 6, respectivamente, en las que se comercializa el fruto de *R. glaucus* (ICONTEC, 1997). Esta escala es inferior a la necesaria para clasificar la fruta de *R. floribundus* para su comercialización, que registró valores de IM de 2,12; 3,16 y 7,12 °Brix/ác. málico para Ff<sub>83</sub>, Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>, respectivamente.

El estado de madurez afecta la palatabilidad y la aceptación por parte del consumidor final debido a que influye en los SST, la ATT, los compuestos volátiles, los azúcares y el aroma (Canales *et al.*, 2024). En consecuencia, se requiere establecer una nueva escala de valores de clasificación, según la calidad, para la comercialización de especies nativas de *Rubus*, como *R. floribundus*.

## CONCLUSIONES

Se establecieron las diferencias entre los frutos de mora uva durante el proceso de maduración, según la fase fenológica (Ff<sub>83</sub>, Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>) y el tiempo de medición. La variación del diámetro ecuatorial, la masa, el pH, los sólidos solubles totales y el índice de madurez dependió del estado de madurez y el tiempo de medición. Los parámetros físicos (diámetro ecuatorial y masa), así como los químicos (pH, sólidos solubles totales e índice de madurez) aumentaron con la maduración del fruto, registrándose los mayores valores en la fruta madura (Ff<sub>87</sub>). El diámetro ecuatorial se correlacionó significativamente con la masa del fruto. Las diferencias observadas entre las fases fenológicas según el estado de madurez (Ff<sub>83</sub>, Ff<sub>85</sub> y Ff<sub>87</sub>), pueden impactar la calidad de la fruta para el consumo fresco o en el procesamiento, lo que indica la importancia de distinguir entre las fases fenológicas durante la maduración del fruto; esto permitirá que la fruta se utilice de manera diferente según la fase fenológica, en diversos sectores agroindustriales.

## LITERATURA CITADA

1. AGRONET (Red de Información y Comunicación del Sector Agropecuario Colombiano). 2025. Resultado de la evaluación agrícola municipal del año 2017. Bogotá. (consulta de agosto 16, 2025).
2. Al-Saif, A.M., M. Abdel-Sattar, D.H. Eshra, L. Sas-Paszt y M.A. Mattar. 2022. Predicting the chemical attributes of fresh citrus fruits using artificial neural network and linear regression models. *Horticulturae* 8(11): 1016.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. *Official Methods of Analysis*. 16<sup>th</sup> ed. AOAC. International. Washington, DC.
4. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2005. *Official Methods of Analysis*. 18<sup>th</sup> ed. AOAC. International. Washington, DC.
5. Canales, E., R.K. Gallardo, M. Iorizzo, P. Munoz, L.F. Ferrao, C. Luby *et al.* 2024. Willingness to pay for blueberries: Sensory attributes, fruit quality traits, and consumer's characteristics. *HortScience* 59(8): 1207-1218.
6. Cancino-Escalante, G.O., L.R. Sánchez-Montaño, E. Quevedo-García y C. Díaz-Carvajal. 2011. Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum* 16(3): 219-233.
7. Castro, R.I., C. Vásquez-Rojas, M.G.I. Cortiella, C. Parra-Palma, P. Ramos y L. Morales-Quintana. 2023. Evolution of the volatile organic compounds, phenols and antioxidant capacity during fruit ripening and development of *Rubus ulmifolius* Schott fruits. *Horticulturae* 9(1): 13.
8. Chen, J.Y., J. Du, M.L. Li y C.M. Li. 2020. Degradation kinetics and pathways of red raspberry anthocyanins in model and juice systems and their correlation with color and antioxidant changes during storage. *LWT* 128: 109448.
9. Cosme, F., T. Pinto, A. Aires, M.C. Morais, E. Bacelar, R. Anjos *et al.* 2022. Red fruits composition and their health benefits-A review. *Foods* 11(5): 644.
10. de Souza, V.R., P.A.P. Pereira, T.L.T. da Silva, L.C. de Oliveira Lima y R. Pio, F. Queiroz. 2014. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry* 156: 362-368.
11. Enz, M. y N. Dachler. 1998. Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida. Limburgerhof.
12. Eydurán, S.P., S. Ercisli, G. Ilhan, N. Ersoy, G. Ozkan, M.R., Bozhuyuk *et al.* 2024. Characterization of wild red raspberry ecotypes in Northern Anatolia: Insights into sensory, biochemical and antioxidant properties. *Folia Horticulturae* 36(2): 323-335.
13. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2023. Food loss and waste database. (consulta de julio 16, 2025).
14. Franco, G. y J. Bernal. 2020. Tecnología para el cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Mosquera, Cundinamarca.
15. Fuentealba, C., F. Álvarez, E. Ponce, S. Veas, M. Salazar, D. Romero *et al.* 2024. Differences in primary metabolism related to quality of raspberry (*Rubus idaeus* L.) fruit under open field and protected soilless culture growing conditions. *Frontiers in Plant Science* 14: 1324066.
16. Galli, V., M.T. Sánchez-Ballesta, A. El-kereamy, R.A. Ayub y W. Jia. 2021. Editorial: Hormonal regulation of non-climacteric fruit development and maturation. *Frontiers in Plant Science* 12: 690691.
17. Guerrero-Álvarez, G.E., S. Muñoz-Arias y G.A. Cifuentes-Colorado. 2023. Vitamin C content, anthocyanins and antioxidant capacity of fruits of *Rubus glaucus* Benth. (mora de Castilla) with and without prickles grown in Risaralda, Colombia. *Revista Brasileira de Fruticultura* 45: e-509.
18. Guevara-Terán, M., E. Tejera, W. Vásquez-Castillo, C. Santos-Buelga, A.M. González-Paramás y J.M. Álvarez-Suárez. 2024. Influence of altitudes and development stages on the chemical composition and antioxidant

- capacity of Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth). *Frontiers in Nutrition* 11: 1501889.
19. Horvitz, S., M. Urbano, C. Arroqui y P. Vírveda. 2024. Low gaseous ozone doses as an elicitor for health-promoting compounds in Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth). *Scientia Horticulturae* 336: 113439.
  20. ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 1997. Frutas frescas. Mora de Castilla, especificaciones - NTC 4106. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Bogotá.
  21. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2011. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Norte de Santander. Bogotá. (consulta de agosto 16, 2025).
  22. La Spada, P., E. Dominguez, A. Continella, A. Heredia y A. Gentile. 2024. Factors influencing fruit cracking: an environmental and agronomic perspective. *Frontiers in Plant Science* 15: 1343452.
  23. Lápiz-Culqui, Y.K., J.B. Meléndez-Mori, J.J. Tejada-Alvarado, D. Cortez, E. Huaman, V.M.N. Zarantes y M. Oliva. 2024. Study of the physicochemical characteristics, antimicrobial activity, and *in vitro* multiplication of wild blackberry species from the Peruvian highlands. *Scientific Reports* 14(1): 3863.
  24. Mikulic-Petkovsek, M., D. Koron, Z. Zorenc y R. Veberic. 2017. ¿Do optimally ripe blackberries contain the highest levels of metabolites?. *Food Chemistry* 215: 41-49.
  25. Mikulic-Petkovsek, M., R. Veberic, M. Hudina, Z. Zorenc, D. Koron y M. Senica. 2021. Fruit quality characteristics and biochemical composition of fully ripe blackberries harvested at different times. *Foods* 10(7): 1581.
  26. Mikulic-Petkovsek, M., V. Schmitzer, A. Slatnar, F. Stampar y R. Veberic. 2012. Composition of sugars, organic acids, and total phenolics in 25 wild or cultivated berry species. *Journal of Food Science* 77(10): 1064-1070.
  27. Moreno-Medina, B.L., F. Casierra-Posada y J. Cutler. 2018. Phytochemical composition and potential use of *Rubus* species. *Gesunde Pflanzen* 70: 65-74.
  28. Munsell, A.H. 2022. A Color Notation: A measured color system, based on the three qualities Hue, Value and Chrom. DigiCat. UK.
  29. Nisar, N., S.M. Wani, I. Bashir, I.A. Zargar, S. Musrtafa, Bhat, Murtaza *et al.* 2025. Changes in bioactive and physicochemical composition of *Rubus* during three developmental stages. *Plant Foods for Human Nutrition* 80: 130.
  30. Onethird. 2022. The ultimate guide to fresh produce shelf life prediction. pp.1-17. (consulta de agosto 16, 2025).
  31. Quevedo-García, E, A.F. González-Pedraza y A.C. Díaz-Rodríguez. 2025b. Fenología, rendimiento y calidad del fruto de mora uva (*Rubus floribundus* Kunth) en Pamplona, Norte de Santander, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 16(1): 11-31.
  32. Quevedo-García, E, G.O. Cancino-Escalante y L.R. Sánchez-Montaño. 2025a. Flora arvense asociada al cultivo de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en los municipios Pamplona y Chitagá, Norte de Santander, Colombia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 28(2): 93.
  33. Quispe-Sánchez, L., L.M. Mena-Chacón, E. Hernández-Díaz, R. Siche, I. Yoplac, R. Chuquilín-Goicochea *et al.* 2025. Physicochemical, functional, and sensory properties of berries at different maturity stages. *Applied Food Research* 5(2): 101265.
  34. Ramírez, F. 2023. Latin American Blackberries Biology. Mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.). Springer Nature. Cham.
  35. Samaniego, I., B. Brito, W. Viera, A. Cabrera, W. Llerena, T. Kannangara *et al.* 2020. Influence of the maturity stage on the phytochemical composition and the antioxidant activity of four andean blackberry cultivars (*Rubus glaucus* Benth) from Ecuador. *Plants* 9(8): 1027.
  36. Sánchez-Betancourt, E., M.C. García-Muñoz, J. Argüelles-Cárdenas, V. Franco-Flórez y V. Núñez-Zarantes. 2020. Fruit quality attributes

- of ten colombian blackberry (*Rubus glaucus* Benth) genotypes. *Agronomía Colombiana* 38(1): 9-18.
37. Schmidt, M. y E. Felsche. 2023. The effect of climate change on crop yield anomaly in Europe. *Climate Resilience and Sustainability* 3(1): e61.
  38. Seleiman, M.F., N. Al-Suhaibani, N. Ali, M. Akmal, M. Alotaibi, Y. Refay *et al.* 2021. Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants* 10(2): 259.
  39. Shah, H.M.S., Z. Singh, J. Kaur, M.U. Hasan, A. Woodward y E. Afrifa-Yamoah. 2023. Trends in maintaining postharvest freshness and quality of *Rubus* berries. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 22(6): 4600-4643.
  40. SIB (Sistema de Información de la Biodiversidad de Colombia). 2025. <https://n9.cl/0mze9q> (consulta de agosto 10, 2025).
  41. Simkova, K., R. Veberic, M. Hudina, M.C. Grohar, M. Pelacci, T. Smrke *et al.* 2024. Non-destructive and destructive physical measurements as indicators of sugar and organic acid contents in strawberry fruit during ripening. *Scientia Horticulturae* 327: 112843.
  42. Sinha, S.R., A. Singha, M. Faruquee, Md. A. Sayem Jiku, Md. A. Rahaman, Md. A. Alam y M. Abdul Kader. 2019. Postharvest assessment of fruit quality and shelf life of two elite tomato varieties cultivated in Bangladesh. *Bulletin of the National Research Centre* 43(185).
  43. Skrovankova, S., D. Sumczynski, J. Mlcek, T. Jurikova y J. Sochor. 2015. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences* 16: 24673-706.
  44. Titirică, I., I.A. Roman, C. Nicola, M. Sturzeanu, E. Iurea, M. Botu *et al.* 2023. The main morphological characteristics and chemical components of fruits and the possibilities of their improvement in raspberry breeding. *Horticulturae* 9(1): 50.
  45. Veberic, R., M. Hudina, Z. Zorenc, D. Koron y M. Senica. 2021. Fruit quality characteristics and biochemical composition of fully ripe blackberries harvested at different times. *Foods* 10(7): 1581.
  46. Wu, Y., C. Zhang, Z. Huang, L. Lyu, J. Li, W. Li y W. Wu. 2021. The color difference of *rubus* fruits is closely related to the composition of flavonoids including anthocyanins. *LWT* 149: 111825.
  47. Zhang, X., J.K.C. Ahuja y B.M. Burton-Freeman. 2019. Characterization of the nutrient profile of processed red raspberries for use in nutrition labeling and promoting healthy food choices. *Nutrition and Healthy Aging* 5(3): 225-236.

