



Fecha de recibido: 4/10/2023

Fecha de aceptado: 24/02/2024

DOI: 10.22490/21456453.7235

FENOLOGÍA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE MORA UVA (*Rubus floribundus* Kunth.) EN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

PHENOLOGY, YIELD AND QUALITY OF THE FRUIT OF MULBERRY GRAPES (*Rubus floribundus* Kunth.) IN PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA

Enrique Quevedo García¹

Astrid Celeste Díaz Rodríguez²

Ana Francisca González³

¹Ingeniero Agrónomo, Doctor, Grupo GIAS, Universidad de Pamplona, Pamplona Colombia. enriquegarcia@unipamplona.edu.co

²Ingeniera Agrónoma, semillero SISPAS, Universidad de Pamplona, Pamplona Colombia. astrid.diaz2@unipamplona.edu.co

³Ingeniera Agrónoma, Doctora, Grupo GIAS, Universidad de Pamplona, Pamplona Colombia. ana.gonzalez2@unipamplona.edu.co

Autor de correspondencia: enriquegarcia@unipamplona.edu.co

Citación: Quevedo, E., Díaz, A., y González, A. (2025). 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.
<https://doi.org/10.22490/21456453.7235>

RESUMEN

Contextualización: en Colombia, el área sembrada de mora se ha incrementado en los últimos años, la alta aceptación para el consumo en fresco y procesado la ubica como una alternativa para aumentar la oferta de frutas en la cadena productiva de la mora.

Vacío de conocimiento: en Colombia existe un vacío de conocimiento en relación con el comportamiento fenológico, el rendimiento y la calidad del fruto de especies nativas con características atractivas, tanto para el productor como para el consumidor, como lo es *Rubus floribundus* (Kunth.), con adaptación entre 1.800 y 3.000 m.s.n.m.

Objetivos: evaluar el comportamiento fenológico, el rendimiento agronómico y la calidad del fruto de *Rubus floribundus* (Kunth.) en la vereda Cúnuba, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Metodología: se llevó a cabo una investigación en las fincas Pararrayo (7°23'12,4" Norte, 72°41'9,2" Oeste, 2.800 m.s.n.m.) y Arrayán (7°23'28,3" Norte; 72°41'12,2" Oeste, 2.700 m s.n.m.). Se seleccionaron quince plantas y en tres ramas por planta y se registraron las fases fenológicas según la escala BBCH: botón floral (5), floración (6), formación del fruto (7) y maduración (8), du-

rante 125 días. Se realizó la caracterización fisicoquímica del fruto (masa fresca, diámetro polar y ecuatorial, acidez total titulable, acidez iónica, sólidos solubles totales, índice de madurez y color). Se cosecharon diez muestras de 1 kg de frutos, durante tres muestreos. El rendimiento se registró con una frecuencia semanal (Pararrayo) y quincenal (Arrayán), durante 6 meses. El estudio fue no experimental, observacional, de campo, longitudinal y de medidas repetidas.

Resultados y conclusiones: el periodo de botón floral a cosecha fue 124 y 113 días, en la finca 1 y 2, respectivamente; con menor tiempo en crecimiento y maduración del fruto en la Finca 2 (11 días). En la Finca 2 los frutos registraron mayor masa fresca (5,2 g), diámetro ecuatorial (17,1 mm), sólidos solubles totales (12,29 °Brix), acidez total titulable (0,96 %) y producción (207,87 frutos; 994,31 g y 1.104,68 kg ha⁻¹). Mientras que la Finca 1 registró el mayor diámetro polar (29,0 mm), acidez iónica (3,3) e índice de madurez (11,7 %). En la Finca 2 los frutos fueron de mejor calidad; sin embargo, el mayor índice de madurez se registró en la Finca 1.

Palabras clave: crecimiento, estados de desarrollo, frutos, índice de madurez, rendimiento

ABSTRACT

Contextualization: In Colombia, the area planted with blackberries has increased in recent years; the high acceptance for fresh and processed consumption places it as an alternative to increase the supply of fruits in the blackberry production chain.

Knowledge gap: In Colombia, there is a knowledge gap regarding the phenological behavior, yield, and fruit quality of native species with attractive characteristics for both producers and consumers, such as *Rubus floribundus* (Kunth.), with adaptation between 1,800 and 3,000 m.a.s.l.

Purpose: To evaluate the phenological behavior, agronomic yield, and fruit quality of *Rubus floribundus* (Kunth.), in Cúmba, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Methodology: Research was carried out at the Pararrayo (7°23'12.4" North, 72°41'9.2" West, 2,800 m.a.s.l.) and Arrayán (7°23'28.3" North; 72°41'12.2" West, 2,700 m asl) farms. Fifteen plants were selected and in 3 branches per plant the phenological phases were recorded according to the BBCH scale: flower bud (5), flowering (6), fruit formation (7) and ripening (8), during 125 days. Phy-

sicochemical characterization of the fruit (fresh mass, polar and equatorial diameter, total titratable acidity, ionic acidity, total soluble solids, maturity index and color) was carried out. Ten samples of 1 kg of fruit were harvested during three samplings. Yield was recorded weekly (Pararrayo) and biweekly (Arrayán), during 6 months. The study was non-experimental, observational, field, longitudinal, repeated measures.

Results and conclusions: The flower bud to harvest period was 124 and 113 days in farms 1 and 2, respectively: with less time in fruit growth and ripening in farm 2 (11 days). In farm 2 the fruits recorded higher fresh mass (5.2 g), equatorial diameter (17.1 mm), total soluble solids (12.29 °Brix), total titratable acidity (0.96 %) and yield (207.87 fruits; 994.31 g and 1,104.68 kg ha⁻¹). While farm 1 had the highest polar diameter (29.0 mm), ionic acidity (3.3) and maturity index (11.7 %). In farm 2 the fruits were of better quality; however, the highest maturity index was recorded in farm 1.

Keywords: developmental stages, fruit, growth, maturity index, yield

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

1 INTRODUCCIÓN

La producción del género *Rubus* a nivel mundial se estimó en más de 25.000 ha cultivadas para en el año 2014, siendo México el de mayor extensión y producción (248.517 t ha⁻¹), seguido de Colombia e Italia (110.453 y 107.479 t ha⁻¹, respectivamente) (Ayala *et al.*, 2013). En Colombia la producción de mora ha venido aumentando en cifras, de 9,62 t ha⁻¹ en el año 2019 a 11,16 t ha⁻¹ para el año 2020 (Agronet, s.f.). El Ministerio de Agricultura y el Plan Frutícola Nacional señalaron que este frutal registra un permanente crecimiento en área cultivada y producción, con proyecciones de incremento en área sembrada de hasta 94,1

% para el año 2026, equivalente a 20.631 ha sembradas; comportamiento que evidencia las oportunidades del producto tanto para abastecimiento del mercado interno como para exportación (Grijalba *et al.*, 2010).

El aumento de la producción de mora en Colombia está relacionado con la idoneidad de las regiones productoras, según las condiciones agroclimáticas para la producción, que inciden directamente en la calidad, la producción y el rendimiento (Solís-Mera, 2021). En Colombia la variedad de Castilla (*Rubus glaucus* Benth.) es una de las más apetecidas para consumo fresco e industrial (Grijalba *et al.*, 2010), y es la que se siembra

mayormente (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], s.f.); lo que indica que el municipio de Pamplona no es la excepción.

La mora es un fruto climatérico de vida útil muy corta, los pigmentos naturales le dan color y sabor a la fruta, así como propiedades antioxidantes por ser una fuente natural de antocianinas. Es fuente de vitamina A, C, E y ácido málico. La combinación de otros atributos define el sabor y, junto con indicadores externos de madurez, brillo y color, determina la calidad (Quevedo y Zuleta, 2020; Escalante *et al.*, 2017). Las propiedades nutricionales y antioxidantes (potencial para nutraceuticos) del fruto se traduce en grandes oportunidades para la industria agrícola (Solís-Mera, 2021).

En este sentido, existe una búsqueda constante de cultivares mejorados con características atractivas tanto para el productor como para el consumidor, como

la variedad “Tupi y Brazos”; sin embargo, en Colombia y casi todas las regiones del mundo donde *Rubus* es nativo, se han desarrollado industrias prósperas basadas en especies nativas (Ayala *et al.*, 2013). Es por esta razón que los agricultores en Colombia han impulsado la siembra de la mora uva (*Rubus floribundus* Kunth.), como una nueva especie que se ha posicionado en el mercado en los últimos años, la cual hace parte de las cultivadas en menor proporción en el país con adaptación entre los 1.800 y 3.000 m.s.n.m. (Moreno-Medina *et al.*, 2016), a pesar de que aun se desconoce la fenología, el rendimiento agronómico y la calidad de la fruta.

De allí que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento fenológico, el rendimiento agronómico y la calidad del fruto de *R. floribundus* en la vereda Cúnuba, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo en la zona rural Cúnuba del municipio Pamplona, Norte Santander, Colombia. Se seleccionaron dos fincas denominadas El Pararrayo (7°23'12,4" Norte, 72°41'9,2 Oeste, 2.800 m.s.n.m.) y El Arrayán (7°23'28,3 Norte, 72°41'12,2 Oeste, 2.700 m.s.n.m.), ubicadas bajo las mismas condiciones de pendiente del terreno y manejo agronómico.

Se seleccionaron plantas de *R. floribundus* de propagación asexual, de 12 meses de edad en plena producción agronómica, sembradas a 3 x 3 m (1.111 plantas ha⁻¹) en sistema de conducción o tutorado “T sencilla” en El Pararrayo (Finca 1) y en “cama doble espaldas” en El Arrayán (Finca 2). Sistema mecánico de soporte de la planta, compuesto por madera, alambre, tubos de PVC y otros materiales (Franco y Bernal, 2020), en cuyas

estructuras las ramas de las plantas se fijaron y se condujeron, debido a la morfología postrada del género *Rubus* (Ramírez, 2023).

El desarrollo fenológico se registró en quince plantas y tres ramas femeninas por planta, mediante el análisis cronológico de la aparición de cuatro fases durante la floración y la formación del fruto: botón floral (5, aparición del órgano floral en el tallo principal); floración (6, de inicio de floración a apertura, de apertura de flor a polinización y de polinización a formación de fruto); formación del fruto (7, formación del fruto e inicio de cuajado del fruto) y maduración (8, maduración del fruto), mediante la escala Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt Chemise (BBCH) (Enz y Dachler, 1998), cuyo inicio se consideró cuando el 50 % de las ramas marcadas lo presentaron. La fenología se evaluó frecuentemente por la observación visual del aspecto de la planta tomando fotos a cada rama durante 125 días.

Entre las variables de producción se registró el rendimiento a partir de la masa fresca acumulada (g) de la fruta cosechada por planta, con la ayuda de una balanza electrónica (Lexus, E.U.), capacidad $3.600 \pm 0,01$ g, el número de frutos por planta como componente primario de rendimiento y el rendimiento estimado (kg ha^{-1}), con una frecuencia semanal, Pararrayo y quincenal, Arrayán, durante un ciclo de producción (abril a octubre de 2022).

Para determinar la calidad de la fruta, se seleccionaron 10 plantas por finca y se cosechó 1 kg de fruto por planta en la fase de maduración (fase 8) (Icontec, 1977), durante tres muestreos. Los frutos se trasladaron al laboratorio de industrialización y postcosecha de la Universidad de Pamplona para

almacenarse en refrigeración (1°C) hasta su posterior análisis fisicoquímico.

Se determinaron los parámetros de masa fresca (MF), diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE), acidez total titulable (ATT), acidez iónica (AI), sólidos solubles totales (SST), índice de madurez (IM) y color (C). La masa fresca se determinó con una balanza electrónica (Lexus, E.U.), con capacidad de $3.600 \pm 0,01$ g. El diámetro polar y ecuatorial se determinó con un calibrador digital (Ubermann, Chile).

El contenido de acidez total titulable, la acidez iónica y los sólidos solubles totales, se determinaron según la metodología para toma de muestra, reportada por Icontec para Jugos y productos de frutas y hortalizas (Icontec, 1977). La acidez total titulable se determinó según la norma AOAC 942.15 (AOAC, 2005), valor que se expresó en porcentaje de ácido málico y se calculó mediante la **Ecuación 1.**

$$\text{Acidez [\%]} = \frac{V \times N \times C}{W} \times 100 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Donde V: volumen gastado de NaOH (mL), N: normalidad del NaOH (0,1 N), C: constante del ácido málico (0,067 g meq-1), W: masa de la muestra (g).

La medición del pH se realizó por potenciometría con potenciómetro de mesa pH/EC/TDS Waterproof (Hanna Instruments, Italia) a temperatura de referencia de 20°C , según la metodología descrita por el método 981.12/90 de la AOAC (AOAC, 2005).

Los sólidos solubles totales se determinaron mediante un refractómetro portátil (Brixco FG109, China) de baja ($0-32^{\circ}\text{Brix}$, resolución 0,2 %) con compensación au-

tomática de temperatura, siguiendo la metodología descrita por la AOAC 932.12 (AOAC, 1995).

El índice de madurez se determinó relacionando el contenido de SST y ATT, según la Ecuación 2.

$$IM = SST \frac{[^\circ\text{Brix}]}{ATT [\text{ácido málico}]} \quad [\text{Ecuación 2}]$$

Donde SST: sólidos solubles totales, ATT: acidez total titulable.

En cuanto a la determinación del color, se realizó 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 (Domínguez *et al.*, 2012). El fruto se colocó sobre una base de cartulina color blanco y se comparó el color predominante del fruto con la mencionada tabla Munsell, tomando el dato con mayor similaridad.

El diseño estadístico fue no experimental, observacional, de campo, longitudinal, de medidas repetidas. Para los datos de producción se utilizaron las estadísticas descriptivas, media, desviación estándar y coeficiente de variación por finca. Para el análisis de calidad se utilizó el análisis de correlación lineal de Spearman, en los tres muestreos y cada finca, debido a que las variables no presentaron distribución normal y el tamaño de la muestra fue bajo (30 observaciones). Además, se calcularon las estadísticas descriptivas, media, desviación estándar y coeficiente de variación. Para el análisis de las relaciones entre las variables de calidad se utilizaron modelos de regresión lineal múltiple, previa revisión de los supuestos de independencia de los residuales y la normalidad se utilizó el normal probability plot (p-p) con los residuales estandarizados. Para el análisis de los componentes principales se utilizó la prueba de adecuación de la muestra de Kaiser-Meyer-Olkin y el determinante de la matriz de varianzas covarianzas.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología

En la Finca 1, la fase de botón floral se inició el 23 de abril de 2022 y requirió 21 días (estadio 5). Seguidamente, se observó la fase de floración con una duración de 12 días (estadio 6), siendo el menor tiempo entre las fincas evaluadas (Figura 1). Después de la floración, se inició la fase de formación y

cuajado del fruto con un período de 63 días (estadio 7). La maduración se inició el día 96 y continuó hasta los 28 días (estadio 8), para totalizar 124 días a cosecha total con la mayoría de las ramas sin frutos; entre tanto, la fase fenológica de botón floral hasta inicio de la maduración del fruto duró 96 días (Enz y Dachler, 1998).

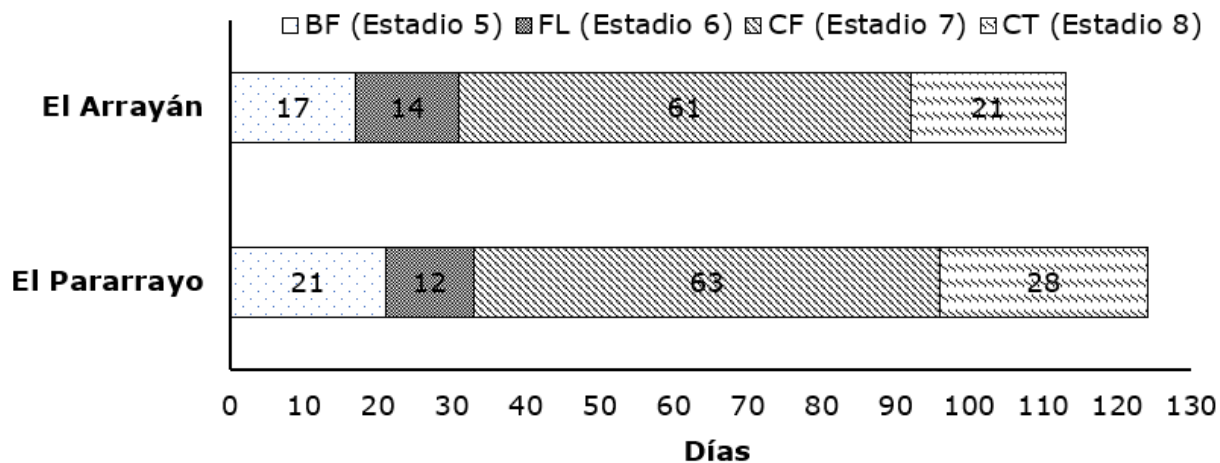


Figura 1. Duración de la fase de botón floral (BF Estadio 5), floración (FL Estadio 6), cuajado (CF, Estadio 7) y cosecha total (CT, estadio 8) del fruto de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Fuente: autores.

En la Finca 2 (Figura 1), la fase de botón floral se inició el 27 de abril de 2022, con una duración de 17 días (estadio 5), menor que en la Finca 1. La fase de floración (estadio 6) duró más tiempo en la Finca 2 (14 días) en comparación con la Finca 1. Seguidamente, se inició la fase de formación y cuajado del fruto y duró hasta 61 días en la Finca 2 (estadio 7). El día 62 se inició la maduración para una duración de 21 días (estadio 8), desde la fase de botón floral a inicio de maduración del fruto se alcanzó 96 días. Mientras que la cosecha total se alcanzó a los 113 días (Enz y Dachler, 1998), con la mayoría de las ramas sin frutos. La fase de cuajado y crecimiento del fruto (estadio 7, BBCH) se produjo en menos tiempo en la Finca 1. Un estudio realizado por Garzón (2019) para determinar la fenología de *Rubus robustus* (C. Presl.) y *R. floribundus* (Kunth.), reportó 25 días desde el inicio de floración hasta cuajado del fruto para *R. floribundus* y en *R. robustus* fue me-

nor (21 días), siendo superior a la registrada para frutos de *R. floribundus* en el presente estudio (Figura 2). Mientras que el desarrollo del fruto de *R. robustus* requirió 42 días, menor tiempo en comparación con los datos registrados en la Finca 1 (63 días) y 2 (61 días) para la misma fase fenológica en *R. floribundus*.

De otra parte, el color es un factor importante para determinar el índice de cosecha durante la maduración del fruto. En el sistema de codificación numérica del color de los frutos de *R. glaucus*, la Norma Técnica Colombiana (Icontec, 1997) define siete etapas de desarrollo. Esta escala es inferior a la necesaria para identificar los frutos de *R. floribundus*, ya que la formación del color durante el proceso de maduración varía de rojizo a púrpura oscuro, resultando en una escala con codificación numérica para diez estados de madurez (Figura 2).

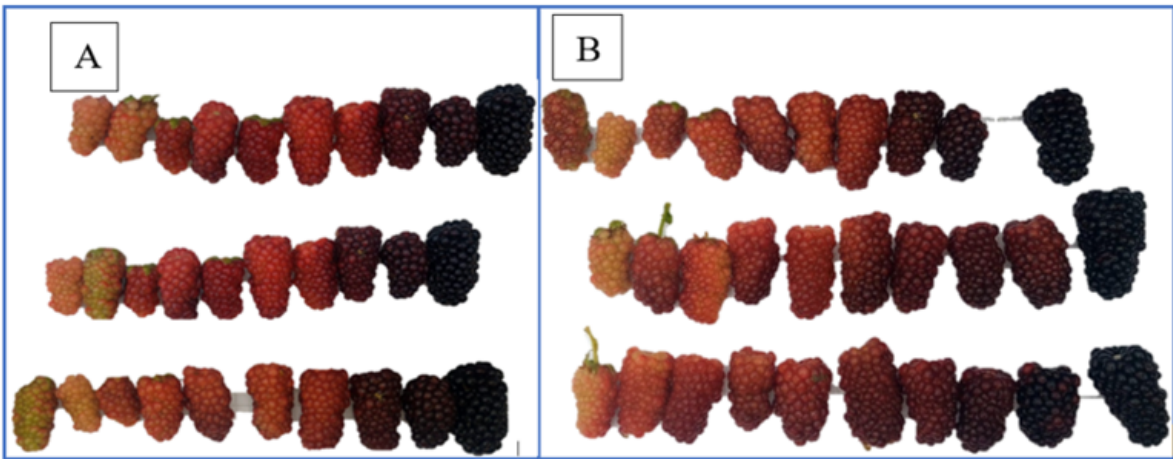


Figura 2. Escala de color del fruto de *Rubus floribundus* (Kunth.) A) Finca 1 y B) Finca 2
Fuente: autores.

Producción

En la Finca 1, se registró la menor media para el componente primario de producción de 171,44 frutos por planta. La media de

producción por planta también fue la menor en la Finca 1 con 721,77g, un rango de 3.668 y valor mínimo y máximo de 3,72 y 50 g, respectivamente; mientras que el rendimiento estimado fue 801,89 kg ha⁻¹ (Tabla 1).

Tabla 1.
Estadísticos descriptivos de producción de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Variables	Media	De	Rango	Mínimo	Máximo	CV (%)
Finca 1 [El Pararrayo]						
Número de frutos	171,44	129,17	671	11	682	75,34
Producción (g)	721,77	582,18	3.668	50,00	3.718	80,86
Rendimiento (kg ha ⁻¹) *	801,89	646,81	4.075,15	55,55	4.130,70	80,66
Finca 2 [El Arrayán]						
Número de frutos	207,87	152,87	885,00	7,00	892,00	73,54
Producción (g)	994,31	792,28	4.309,00	17,00	4.326,00	80,03
Rendimiento (kg ha ⁻¹) *	1.104,68	880,23	4.787,30	18,89	4.806,19	79,68

Nota. Finca 1, n=178, Finca 2, n=365, *: cálculo considerando espaciamiento de 3 x 3 m, con densidad de plantación de 1.111 plantas por hectárea.

Fuente: autores.

En la Finca 2 se registró la media más alta para el componente primario de producción con 207,87 frutos y 994,31 g (Tabla 1), mientras que el valor máximo fue de 892,00 frutos y 4.326,00 g. El rendimiento estimado fue de 1.104,68 kg ha⁻¹, superior al de la Finca 1. El estudio reveló que las condiciones climáticas pueden afectar los resultados de producción en diferentes épocas y sistemas de plantación, conducción y poda, como señalaron Muniz *et al.* (2011) en Lages (SC) y

Lima *et al.* (2010) en Pelotas (RS, Brasil). Por su parte, Vanni *et al.* (2016), señalaron en su investigación que el sistema de conducción sólo afectó las variables involucradas directamente con la producción.

La distribución de la producción en la Finca 1 mostró una alta variación durante la evaluación, con ligeros aumentos hasta los 29 días, ligeros aumentos a los 45 días y una disminución a los 57 días (Figura 3).

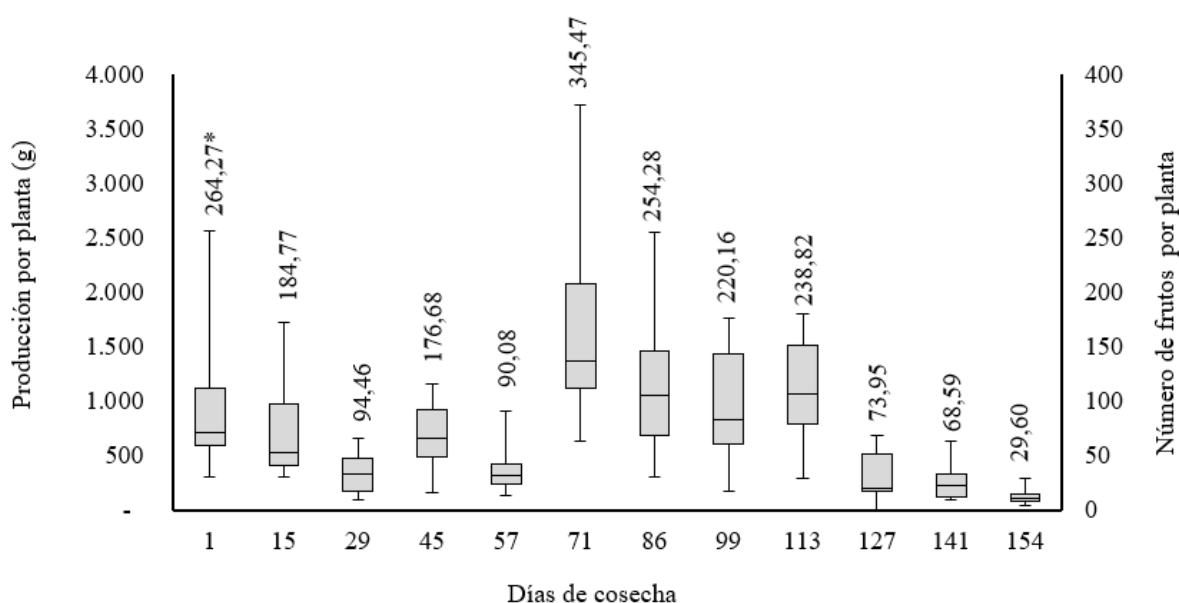


Figura 3. Distribución de la producción y *número de frutos por planta de *Rubus floribundus* (Kunth.), en la Finca 1 [El Pararrayo].

Fuente: autores.

La producción por planta en la Finca 1 fue mayor durante el mes de julio (3.920 g), en respuesta a la práctica de poda realizada por

el productor y la precipitación (74,6 mm; Figura 4) en la zona de estudio.

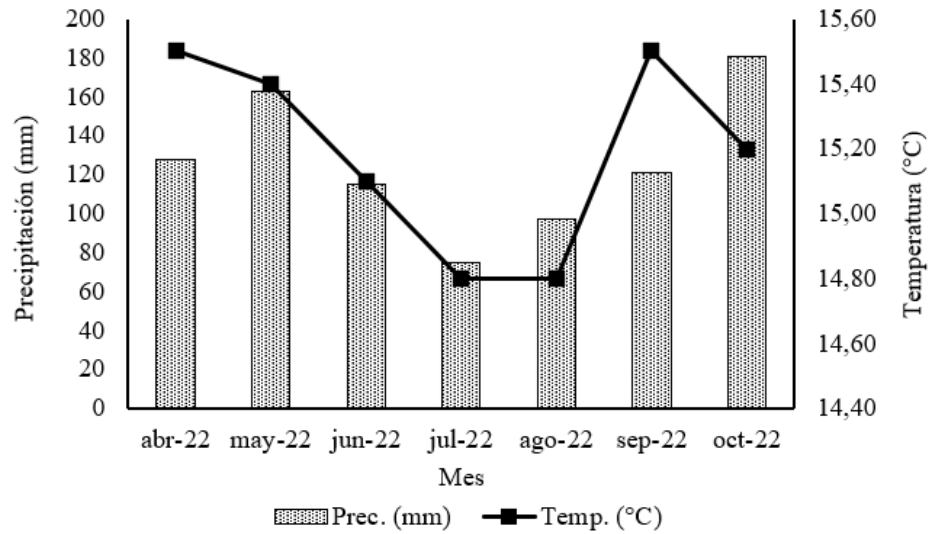


Figura 4. Medias mensuales de precipitación y temperatura en el municipio Pamplona, Norte de Santander, Colombia (Meteobox, s.f.).

Fuente: autores.

En la Finca 2, igualmente se observó variación en la distribución de la producción (Figura 5), con alta variación en relación con

el máximo valor a los 104 días y el menor a los 36 días (389,64 y 45,29 frutos por planta, respectivamente).

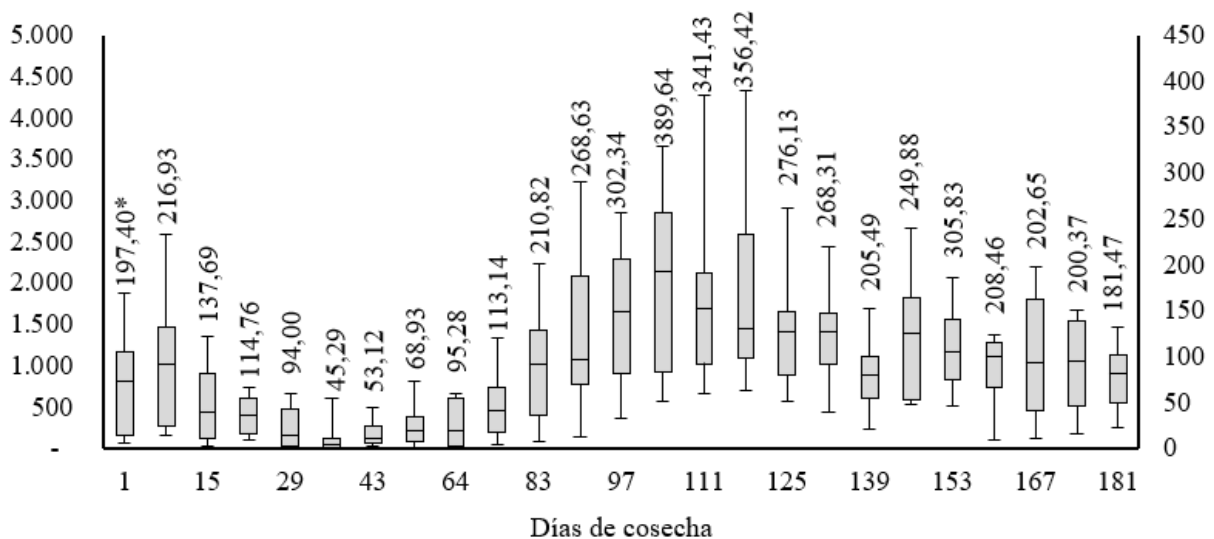


Figura 5. Distribución de la producción y *número de frutos por planta de *Rubus flori-bundus* (Kunth.), en la Finca 2 [El Arrayán].

Fuente: autores.

Calidad

La producción de mora uva se registró durante los primeros 6 meses de cosecha, por lo tanto, su mayor expresión en producción no alcanzó a registrarse puesto que ésta, de acuerdo con Cardona y Bolaños-Benavides (2019), se obtiene a partir de los 15 a 18 meses después del trasplante de los cultivares.

La masa unitaria varió de 5,20 a 2,85 g, siendo la fruta de la Finca 1 la de menor masa (Tabla 2), sin embargo, presentó mayor DP, AI e IM. Mientras que en la Finca 2, la fruta presentó 1,82 veces mayor masa en comparación con la Finca 1, así como mayor DE, valores que se correspondieron con el mayor número de frutos por planta y producción (Tabla 1).

Tabla 2.

Características fisicoquímicas de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Variables	Estadísticas descriptivas											
	Finca 1 [El Pararrayo]						Finca 2 [El Arrayán]					
	Me-dia	DE	Mín.	Máx.	Ran-go	CV (%)	Me-dia	DE	Mín.	Máx.	Ran-go	CV (%)
Masa (g)	2,85	1,89	0,3	6,0	5,70	66,31	5,20	1,47	2,0	8,0	6,00	28,27
DE (mm)	16,20	0,99	14,1	18,5	4,40	6,11	17,08	1,35	14,4	19,3	4,90	7,90
DP (mm)	28,99	2,37	24,5	35,0	10,50	8,17	28,52	2,08	24,1	33,7	9,60	7,29
AI (pH)	3,27	0,05	3,2	3,3	0,10	1,53	2,97	0,13	2,8	3,3	0,50	4,38
SST (°Brix)	9,87	0,19	9,3	10,1	0,80	1,92	10,29	0,35	10,0	10,9	0,90	3,40
ATT (% Ác. málico)	0,85	0,06	0,7	1,0	0,30	7,05	0,96	0,09	0,8	1,2	0,30	9,37
IM	11,66	0,95	9,5	13,8	4,30	8,15	10,74	1,04	8,7	12,9	4,20	9,68

Nota. n=30, DE: desviación estándar, DE: diámetro ecuatorial, DP: diámetro polar, AI: acidez iónica, SST: sólidos solubles totales, ATT: acidez total titulable, IM: índice de madurez.

Fuente: autores.

Se ha señalado que la masa media de frutas (*Rubus* spp.) es una característica intrínseca del cultivar, pudiendo alcanzar, según Raseira y Franson (2012), de 8 a 10 g en ‘Tupy’ y cerca de 6 g en ‘Xavante’, con media superior a la registrada en la presente evaluación. Sin embargo, Vanni *et al.* (2016), indicaron que la con-

dición edafoclimática del lugar de producción tiene una fuerte influencia sobre la respuesta productiva de un determinado cultivar.

El tipo de tutorado empleado puede cambiar la distribución de la radiación solar y la ventilación alrededor de las plantas, modifi-

cando la humedad relativa y la concentración de gas carbónico atmosférico entre y dentro de las hileras (Bessa *et al.*, 2018). Debido a que el sistema de tutorado doble T tenía una mejor distribución de las plantas, se redujo el solapamiento de las hojas de las plantas, lo que permitió la captación de una mayor intensidad de radiación lumínica y, por lo tanto, el crecimiento y el desarrollo se vieron influenciados por mayores tasas fotosintéticas, con la consiguiente mayor producción de biomasa en los órganos y la expansión del área foliar que contribuyó a la producción de frutos con mayor masa y mejor calidad (Taiz *et al.*, 2017).

El estudio encontró que una mayor acidez (AI) en los frutos de la Finca 1 (Tabla 2) estaba relacionada con una menor ATT, con una variación menor de 1,53 % en comparación con la Finca 2, 3,38 %. Esto concuerda con el rango de AI de Memete *et al.* (2023) entre 2,85 y 4,06 en frutos de *Rubus* spp., en Rumania. La Finca 2 tuvo la media más alta de SST (Tabla 2) al igual que lo reportado por Garazhian *et al.* (2020), en Irán; los SST son el resultado de la conversión de las reservas en azúcares solubles, según Moreno y Deaquiz (2015). La media más alta de ATT en la Finca 2 también fue superior (Tabla 2), lo que sugiere mejores condiciones de almacenamiento y una tasa de respiración más baja (Seibert *et al.*, 2022).

Los frutos de la Finca 1 presentaron el mejor equilibrio entre los sólidos solubles y la acidez, con el mayor IM en comparación con la Finca 2 (Tabla 2). Sin embargo, la fruta cosechada en estado 8, alcanzó un IM que representa el potencial de esta especie a nivel comercial y agroindustrial. Los valores se en-

cuentran entre los reportados por Nogueira *et al.* (2015) para las variedades ‘Cainguanque’, ‘Tupy’ y ‘Choctaw’ (16; 9,7 y 9,5, respectivamente). De acuerdo con los datos registrados, esta fruta debe ser destinada preferiblemente al consumo fresco, ya que la relación SST/ATT obtenida es muy apreciada por los consumidores (Raseira y Franzon, 2012). Según Moreno-Medina *et al.* (2016), el IM es importante para la transformación o consumo del fruto fresco y útil en los procesos de exportación. En Colombia se exige a las industrias procesadoras de fruta un IM de 2,2, inferior al reportado en la presente investigación (Icontec, 1997).

Dada la diferencia de altitud (100 m.s.n.m.) entre las regiones de investigación, las diferencias en las características fisicoquímicas de los frutos podrían haberse producido en detrimento del lugar donde se cultivaron. Investigaciones previas han demostrado que el manejo agronómico precosecha del cultivo, así como las condiciones agroecológicas de las zonas de estudio (Vanni *et al.*, 2016), el grado de madurez y las características genéticas propias del material (Grijalba, 2010), pueden influir en las características organolépticas (Solís-Mera, 2021) y, por tanto, en la aceptación, calidad y vida útil del fruto (Ayala *et al.*, 2013).

Análisis de correlación lineal

La matriz de correlación entre los parámetros fisicoquímicos (Tabla 3), muestra que la correlación lineal entre las variables físicas exhibe valores muy bajos (es decir, correlación débil) y algunas correlaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$; $p < 0,01$).

Tabla 3.

Matriz de correlación de Pearson para parámetros fisicoquímicos de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Finca /Variable	Finca 1 [El Pararrayo]						Finca 2 [El Arrayán]					
	SST	DP	DE	ATT	IM	Masa	SST	DP	DE	ATT	IM	Masa
AI	-0,50**	0,28	0,07	0,02	-0,11	-0,48**	0,85**	0,03	0,30	-0,23	0,51**	-0,03
SST		-0,36*	0,01	-0,21	0,41*	-0,07		0,10	0,12	-0,14	0,48**	0,21
DP			0,38*	-0,16	0,03	-0,21			0,55**	0,01	0,01	0,04
DE				-0,13	0,14	-0,13				0,02	-0,07	-0,12
ATT					-0,97**	0,60**					-0,93**	0,61**
IM						-0,57**						-0,47**

Nota. AI: acidez iónica, SST: sólidos solubles totales, DP: diámetro polar, DE: diámetro ecuatorial ATT: acidez total titulable, IM: índice de madurez. Correlación bilateral, significancia *: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$.

Fuente: autores.

En las variables químicas sólo se encontró una fuerte correlación ($p < 0,01$) entre IM y ATT (fincas 1 y 2) y entre SST y IA (Finca 2) (resultados esperados). Se observaron correlaciones medias, positivas y negativas ($p < 0,01$) entre las demás variables en función de los resultados. Un patrón similar se observó en un estudio reciente que determinó los cambios e interacciones de la masa, SST y ATT del fruto en cuatro especies del género *Rubus* spp. de origen iraní, con va-

lores que oscilaban entre 0,14 y 1,30 g, 7,9 y 17,8 °Brix, y 0,36 y 0,83 %, respectivamente (Garazhian *et al.*, 2020).

El modelo de regresión múltiple (Tabla 4), muestra que la inclusión del tipo de tutorado como variable binaria, originó el aumento del índice R^2 e indicó que las varianzas de las variables dependientes son explicadas mayormente por el efecto del tipo de tutorado empleado en cada finca.

Tabla 4.

Modelo de regresión múltiple entre las variables de calidad de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Variables		Coeficientes de regresión parcial			R ²
Independiente	Dependiente	B ₀ (intercepto)	B ₁	B ₂	
Masa=x ₁ , Tutorado=x ₂	Acidez iónica	3,29; $p < 0,001$	-0,09; $p = 0,254$	-0,27; $p < 0,001$	0,72
	Acidez total titulable	0,77; $p < 0,001$	0,03; $p < 0,001$	0,05; $p = 0,01$	0,57
	Sólidos solubles totales	9,83; $p < 0,001$	0,01; $p = 0,51$	0,39; $p < 0,001$	0,37

Acidez iónica= x_1 Tutorado= x_2	Sólidos solubles totales	3,89; $p<0,001$	1,83; $p<0,001$	0,96; $p<0,001$	0,61
	Acidez total titulable	1,30; $p<0,001$	-0,14; $p=0,202$	0,07; $p=0,051$	0,38

Fuente: autores.

El análisis de componentes principales (ACP) trata de encontrar los factores que expliquen las correlaciones entre variables, las cuales deben ser altas para que formen componentes relevantes. Para decidir aplicar el ACP, se utilizaron los índices Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett (Tabla 5). El índice de KMO fue 0,6337 ($>0,5$), medida apropiada

de adecuación de la muestra (Hahs-Vaughn, 2017). Mientras que la prueba de Bartlett condujo al rechazo de la hipótesis nula de que la matriz de correlaciones era una matriz identidad y el determinante de la matriz estuvo muy cercano a cero (0), aun cuando el número de observaciones y de variables originales fue bajo (60 y 8, respectivamente).

Tabla 5.

Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y Bartlett entre las variables de calidad de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.)

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo		0,51
Prueba de esfericidad de Bartlett	Aprox. Chi-cuadrado	327,12
	gl	21
	Sig.	0,00

Nota. Determinante= 0,003.

Fuente: autores.

La matriz de componente rotado (Tabla 6) sugiere dos grupos únicos entre las variables de calidad de frutos de mora uva en las fincas evaluadas. También se observa que los

dos componentes explicaron el 65,4 % de la variabilidad total de los factores de calidad de la fruta de mora.

Tabla 6.

Contribución de las variables de calidad de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.) a la conformación de los componentes principales

Variables	CP1	CP2
Acidez iónica (pH)	-0,765	-0,196
Sólidos solubles totales (SST)	0,367	-0,002
Diámetro polar (DP)	-0,205	0,814
Diámetro ecuatorial (DE)	0,262	0,844
Acidez total titulable (ATT)	0,938	-0,007
Índice de madurez (IM)	-0,848	0,001
Masa (M)	0,856	-0,080
Valor propio	3,17	1,41
Varianza	45,30	20,15
Varianza acumulada	45,30	65,45

Nota. Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser. La rotación ha alcanzado la convergencia en tres iteraciones.

Fuente: autores.

La Figura 6, presenta los componentes en un espacio rotado en dos dimensiones para las variables de calidad de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.) en las fincas evaluadas.

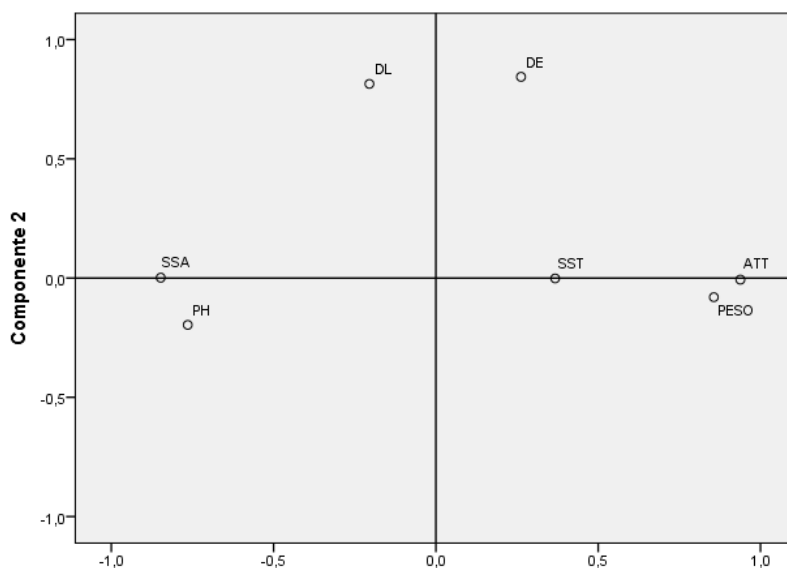


Figura 6. Componentes en un espacio rotado en dos dimensiones para las variables de calidad de frutos de *Rubus floribundus* (Kunth.).

Fuente: autores.

El componente 1 presenta la característica de ser un factor bipolar (Figura 6), que explica o está relacionado con la ATT, con una carga o saturación de 0,938 (Tabla 6); el IM con una carga de -0,848; la masa del fruto con una carga de 0,856 y el pH con una carga de -0,765, son elementos que contribuyen a que el primer componente pueda interpre-

tarse como el “índice de madurez del fruto” de mora uva. El componente 2 se relaciona con el DP (0,814) y el DE (0,844), expresados ambos en mm, el cual se puede interpretar como la “dimensión del fruto”. Las diferencias en la calidad de los frutos de mora uva se deben principalmente al índice de madurez y a la dimensión del fruto.

4 CONCLUSIONES

La formación y cuajado del fruto ocurrió en mayor tiempo en la Finca 1, aunque la floración empezó el mismo día en ambas. La formación del color del fruto varió de rojizo hasta morado oscuro, para una codificación numérica de diez estados de madurez en ambas fincas.

En la Finca 2 se registró la mayor producción y rendimiento de fruta, cuyas características fisicoquímicas (M, DE, AI, SST y ATT) superaron los frutos de la Finca 1. Sin

embargo, los frutos en la Finca 1 presentaron mayor DP e IM.

La variación en las características fisicoquímicas de la fruta fue explicada mayormente por el efecto del tipo de tutorado empleado en cada finca.

Las diferencias en la calidad de los frutos de *R. floribundus*, se deben principalmente al índice de madurez y a la dimensión del fruto.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Primer autor: Conceptualización: Ideas; formulación o evolución de metas y objetivos generales de la investigación. Visualización: Preparación, creación y/o presentación del trabajo publicado, específicamente visualización/presentación de datos. **Segundo autor:** Investigación: Llevar a cabo el proceso

de investigación y la recopilación de datos. **Tercer autor:** Escritura – borrador original: Preparación, creación y/o presentación del trabajo publicado, específicamente redacción del borrador inicial (incluida la traducción sustantiva).

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los productores de Morauva en la vereda Cúnuba del municipio de Pamplo-

na, Alfredo Jaimes y Evaristo Parada por su acompañamiento y apoyo durante la investigación.

FINANCIAMIENTO

La investigación fue financiada por la Universidad de Pamplona, con el siguiente proyecto: “Determinación de los factores edáficos óptimos para la producción del cultivo de mora mediante modelación en la provincia

de Pamplona, Norte de Santander, Colombia”. Aprobado en la convocatoria Interna del banco de proyectos 2021, de la Vicerrectoría de Investigaciones con Código 096.

LITERATURA CITADA

Agronet. (s.f.). *Estadísticas agrícolas: área, producción, rendimiento y participación 2019*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/estadistica>

AOAC. (1995). *Official methods of analysis* [16, Ed.]. Association of Official Analytical Chemists.

AOAC. (2005). *Official methods of analysis* [18, Ed.]. Association of Official Analytical Chemists.

Ayala, L. C., Valenzuela, C. P. y Bohórquez, 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. [https://](https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/306)

revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/306

Bessa, L.K., Costa, R.S., Guedes, J.L., de Oliveira, F., Vieira, A., Barbosa, A. y Oliveira, R. (2018). Growth and physiology of cherry tomatoes under organic fertilization in different environments. *Journal of Agricultural Science*, 10(10), 349-359. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n10p349>

Cardona, W.A. y Bolaños-Benavides, M.M. (2019). *Manual de nutrición del cultivo de mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.) bajo un esquema de buenas prácticas en fertilización integrada*. Agrosavia. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual-18>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (s.f.). *El cultivo de la*

- mora de Castilla (Rubus glaucus Benth) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana*. DANE. Recuperado el 15 de Julio de 2023 de https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf
- Domínguez, J., Román, A., Prieto, F. y Acevedo, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(1), 141-155. <https://doi.org/10.29312/remexca.v3i1.1489>
- Enz, M. y Dachler, N. (1998). *Compendio para la identificación de los estadios fenológicos de especies mono- y dicotiledóneas cultivadas. Escala BBCH extendida*. Limburgerhof.
- Escalante, S.B., Chiquilín, J.Y. y Saldaña, E. (2017). Identificación botánica y evaluación de los parámetros de calidad de los frutos de zarzamora (*Rubus* spp.), en el distrito de Namora, Cajamarca-Perú. *Revista Caxamarca*, 16(1), 51-61. <http://doi.org/190.116.36.87/index.php/Caxamarca/article/view/29>
- Franco, G. y Bernal, J. (2020). *Tecnología para el cultivo de la mora (Rubus glaucus Benth.)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7403251>
- Garazhian, M., Gharaghani, A. y Eshghi, S. (2020). Genetic diversity and inter-relationships of fruit bio-chemicals and anti-oxidant activity in Iranian wild blackberry species. *Scientific Reports*, 10(1), 18983. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75849-1>
- Garzón, Y. (2019). Caracterización agronómica, fenológica y rendimiento del cultivo de mora uva (*Rubus robustus* C. Presl.) en el municipio de Granada (Cundinamarca). [Tesis de grado]. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Cundinamarca, Colombia.
- Grijalba, C.M., Calderón, L.A. y Pérez, M.M. (2010). Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). *Facultad de Ciencias Básicas*, 6(1), 24-41. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2079>
- Hahs-Vaughn, D. L. (2017). Multivariate analysis of variance: Single factor, factorial, and repeated measures design. In *Applied multivariate statistical concepts* (pp. 169-272). Taylor-Francis.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. (1977). Norma Técnica Colombiana, *Especificaciones NTC 2191. Frutas y hortalizas frescas. Generalidades*. Norma Disponible en ICONTEC tienda virtual: <https://www.icontec.org> [Último acceso: 2023]
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. (1997). Norma Técnica Colombiana, *Especificaciones NTC 4106. Frutas frescas. Mora de Castilla*. Norma Disponible en ICONTEC

- tienda virtual: <https://www.icontec.org> [Último acceso: 2023]
- Lima, C.S.M., Gonçalves, M.A., Tomaz, Z.F.P., Rufato, A.D.R. y Fachinello, J.C. (2010). Períodos de replantación y sistemas de conducción de uchuva/Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de physalis. *Ciencia Rural*, 40(12), 2472-2479. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782010001200006>
- Memete, A.R., Sărac, I., Teusdea, A.C., Budău, R., Bei, M. y Vicas, S.I. (2023). Bioactive compounds and antioxidant capacity of several blackberry (*Rubus* spp.) fruits cultivars grown in Romania. *Horticulturae*, 9(5), 556. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9050556>
- Meteobox. (s.f.). *Tiempo Pamplona, Norte de Santander Hoy*. Recuperado el 15 de julio de 2023 de <https://meteobox.co/pamplona/>
- Moreno, B.L. y Deaquiz, Y.A. (2015). Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad). *Acta agronómica*, 65(2), 130-136. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.45587>
- Moreno-Medina, B.L., Casierra-Posada, F. y Blanke, M. (2016). Índices de crecimiento en plantas de mora (*Rubus alpinus* Macfad) bajo diferentes sistemas de poda. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(1), 28-39. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i1.4457>
- Muniz, J., Kretzschmar, A.A., Rufato, L., Pelizza, T.R., Marchi, T., Duarte, A.E., Fernandes Lima, A.P. y Garanhani, F. (2011). Sistemas de condução para o cultivo de Physalis no planalto catarinense. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33, 830-838. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000083>
- Nogueira, P., Pio, R., Abreu, P.H., Tadeu, M.H., Vieira, P. y Pasqual, M. (2015). Produção de amora-preta e amora-vermelha em Lavras-MG. *Ciência Rural*, 45, 1368-1374. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131572>
- Quevedo, E. y Zuleta, W. E. (2020). Aspectos fisiológicos del árbol de duraznero relacionados con su manejo agronómico en la Provincia de Pamplona: *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 5(2), 68-78. <https://doi.org/10.24054/cyta.v5i2.845>
- Ramírez, F. (2023). *Latin American Blackberries Biology. Mora de Castilla (Rubus glaucus Benth.)*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-31750-7_5
- Raseira, M.D.C.B. y Franzon, R.C. (2012). Melhoramento genético e cultivares de amora-preta e mirtilo. *Informe Agropecuário*, 33(268), 11-20. <https://core.ac.uk/download/pdf/45508445.pdf>
- Seibert, E., Pereira, A., Raupp, T., Cerbaro, F., Santos, J., Amorim, C. y Tomazelli, D. (2022). Conservação pós colheita de cultivares de amoreira-preta (*Rubus* sp.) em bandejas plásticas sobarmazenamento refrigerado. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(1), 47-55. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81371861004>

- Solís-Mera, J.A. (2021). Respuesta de tres cultivares de *Rubus* spp. en sus etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo bajo macrotúneles. *Acta Agronómica*, 70(4), 394-406. <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.92460>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I.M. y Murphy, A. (2017). *Fisiología e Desenvolvimento Vegetal*. [6, Ed]. Artmed. Porto Alegre.
- Vanni, L., Picolotto, L., Cocco, C., Finkenauer, D. y Corrêa L.E. (2016). Produção de amoreira-preta sob diferentes sistemas de condução. *Ciência Rural*, 46(3), 421-427. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20140601>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.



Licencia de Creative Commons

Revista de Investigación Agraria y Ambiental is licensed under a Creative Commons Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual 4.0 Internacional License.

