

Análisis fisicoquímico de frutos de *Syzygium paniculatum* en diferentes estados de maduración¹

Physicochemical analysis of fruits of *Syzygium paniculatum* in different stages of maturity

Análise físico-química de frutos de *Syzygium paniculatum* em diferentes estágios de maturação

W. Pérez y J. Mojica

Aceptado: abril 23 de 2018 - Recibido: junio 28 de 2018

Resumen— Arbustos de *Syzygium paniculatum* se encuentran en la ciudad de Bogotá adornando calles, parques y jardines; presentan frutos vistosos conocidos como cereza magenta, a los que no se les da ningún tipo de aprovechamiento. En este estudio se realiza la caracterización de las propiedades fisicoquímicas de dichos frutos en diferentes estados de maduración, para lo cual se llevaron a cabo análisis de peso fresco (0.23g–5.7g), diámetro longitudinal (9.22mm–26.2mm) y ecuatorial (6.18mm–23.6mm), humedad (70%–85%), cenizas (0.012%–0.038%), pH (3.00–4.12), sólidos solubles totales (6.2°Brix–12.2°Brix), acidez total titulable (1.7–23.9mg de ácido cítrico/g), clasificando finalmente cinco estados de maduración. En frutos con estado de maduración de consumo

se analizó el contenido de minerales por espectrofotometría de absorción atómica. Se concluye que los frutos de *S. paniculatum* son un producto que tienen potencial para ser explotado para consumo humano en Bogotá, de acuerdo con las características fisicoquímicas encontradas y el contenido de fenoles. A su vez, se sugiere realizar análisis fitoquímicos que complementen un estudio de la bioprospección del fruto.

Palabras clave— caracterización fisicoquímica, cereza magenta, índice de madurez, polifenoles.

Abstract— Shrubs of *Syzygium paniculatum*, are found in the city of Bogotá adorning streets, park and gardens, presenting colorful fruits known as magenta cherry, which have no use whatsoever. In this study, the characterization of the physicochemical properties of the fruits in different stages of maturation is carried out. Analyzes of fresh weight (0.23g - 5.7g), longitudinal diameter (9.22 mm-26.2mm) and equatorial (6.18mm-23.6 mm), humidity (70% -85%), ash (0.012%-0.038%) were performed, pH (3.00-4.12), total soluble solids (6.2°Brix-12.2°Brix), total titratable acidity (1.7-23.9 mg of citric acid/g of fruit), finally classifying five states of maturation. In fruits with state of maturation of consumption, the mineral content was analyzed by atomic absorption spectrophotometry. It is concluded that the fruits of *S. paniculatum* have potential to be exploited for human consumption in Bogotá according to the physicochemical characteristics found and the content of phenols. It is suggested to carry out phytochemical analyzes that complement a study of the bioprospecting of the fruit.

Keywords— magenta cherry, physical-chemical characterization, polyphenols, ripening Index.

¹Producto derivado del proyecto de investigación “Aproximación a la bioprospección de frutos de *Syzygium paniculatum* cultivados en dos localidades de Bogotá en diferentes estados de maduración”, presentado por el Grupo de Investigación en Procesos Industriales - NEURONA, del Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA.

W. Pérez Mora, Dr Sc (c), Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Bogotá, Colombia, email: whperez0@misena.edu.co.

J. Mojica Gómez, M. Sc (c), Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Bogotá, Colombia, email: jmojica06@misena.edu.co.

Como citar este artículo: Pérez W. y Mojica J. Análisis fisicoquímico de frutos de *Syzygium paniculatum* en diferentes estados de maduración, Entre ciencia e Ingeniería, vol. 12, no. 24, pp. 124 - 129, julio-diciembre 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.31908/19098367.3822>



Resumo— *Syzygium paniculatum* árvores estão na cidade de Bogotá enfeitando ruas, parque e jardins, com brilhantes frutos conhecido como cereja magenta, que não têm qualquer vantagem. Neste estudo é realizada a caracterização das propriedades fisicoquímicas dos frutos em diferentes estágios de maturação. (– 0.23 g

5,7 g), diâmetro longitudinal (9,22 milímetros - 26,2 milímetros) e equatorial (6,18 milímetros - 6,23 milímetros), humidade (70% -85%), cinzas (0.012% - 0.038%) foram feitas análises de peso fresco, pH (3,00 - 4,12), sólidos solúveis totais (6,2 °Brix-12,2°Brix), acidez titulável (1,7-23,9 mg cítrico/g de ácido de fruta), a classificação final de cinco estados de maturação. Nos frutos com estado de maturação do consumo, o conteúdo mineral foi analisado por espectrofotometria de absorção atômica. Concluiu-se que os frutos de *S. paniculatum* têm um grande potencial para ser explorada para o consumo humano em Bogotá de acordo com as características físico-químicas encontradas e teor de fenol. Sugere-se a realização de análises fitoquímicas que complementem um estudo de bioprospecção da fruta.

Palavras chave - Caracterização físico-química, cereja magenta, índice de maturidade, polifenóis.

I. INTRODUCCIÓN

LA Eugenia de la familia de las Mirtáceas, género *Syzygium*, especie *paniculatum*, es una planta que se comercializa como arbusto y puede llegar a medir hasta siete metros de altura en condiciones de clima ideales, foráneo de climas subtropicales en Australia (estado de Nueva Gales). En la ciudad Bogotá, árboles de Eugenia adornan calles, parques y jardines, y la especie está incluida en los planes locales de arborización urbana de la capital del país, entre ellos los de las localidades de Teusaquillo y de Barrios Unidos. En esta última se censó un total de 1.070 árboles, que la convierte en la séptima especie de árbol en abundancia en la ciudad [1].

Desde el punto de vista paisajístico, los árboles llaman la atención por sus coloridos frutos, los cuales son consumidos principalmente por aves. Este fruto es conocido como cereza cepillo australiana, Cereza magenta o Lilly Pilly. A pesar de que es comestible, hasta el momento solo se utiliza en Australia en confituras para decorar pasteles, mientras que en EE.UU. y Europa se emplea como planta ornamental, limitada a las zonas libres de heladas [2], tal como sucede en el caso de las plantas adaptadas al clima bogotano.

En cuanto a la bioprospección de la planta, la literatura científica es limitada. Longo y colaboradores [2] extrajeron antocianinas del fruto por diferentes métodos de hidrólisis, e indican que es el primer reporte en ese campo de la planta, bajo condiciones de la ciudad de Lecce, en Italia. Por su parte, Quijano-Célis y colaboradores [3] realizaron un reporte sobre la composición de volátiles del fruto, a partir del análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, y encuentran 155 compuestos, siendo los pertenecientes a la familia de los terpenos los más abundantes. De otro lado, Voung y colaboradores [4] señalan que hay limitada información sobre la bioactividad de los frutos a pesar de que son ampliamente cultivados, y en su trabajo reportan compuestos, principalmente polifenoles, con potencial anticancerígeno, en plantas cultivadas en la ciudad de Ourimbah, en la costa central de Australia.

Teniendo en cuenta la información limitada existente sobre el fruto, se realizó un estudio de aproximación a la bioprospección de frutos de *Syzygium paniculatum* cultivados en Bogotá, en diferentes estados de maduración, enfocada principalmente en identificar las características

físicoquímicas, contenidos de polifenoles y otros metabolitos, así como el contenido de minerales.

II. METODOLOGÍA

A. Muestreo

Se muestrearon frutos en diferentes estados de maduración en árboles de *S. paniculatum*, en las calles y parques de la ciudad de Bogotá, y se clasificaron según su coloración. Para cada análisis se tuvieron en cuenta 5 réplicas biológicas, excepto para los análisis de peso fresco, y diámetros longitudinales y ecuatoriales para los que se tuvieron en cuenta 20 réplicas biológicas.

B. Determinación de parámetros físicos

En esta etapa se realizaron mediciones asociadas al crecimiento del fruto en los diferentes estados de maduración, se hicieron medidas de peso fresco con una balanza analítica, y se realizaron medidas de los diámetros longitudinal y ecuatorial, de acuerdo con Espinosa y colaboradores [5, cap. 3].

C. Determinación de parámetros físicoquímicos

Para encontrar los parámetros de caracterización físicoquímica en los frutos, se hicieron medidas de pH por el método potenciométrico de acuerdo con la AOAC 981.12 [6]; Acidez total titulable [ATT] por titulación del jugo con hidróxido de sodio mediante mediciones potenciométricas de pH de acuerdo con el método AOAC 942.15 [7], expresado en mg de ácido cítrico/g de material vegetal; sólidos solubles totales (SST) por refractometría del fruto macerado en unidades de °Brix de acuerdo al método de AOAC 932.14 [8] [9]; ceniza por método gravimétrico según la AOAC [10]; humedad por método gravimétrico según la AOAC [10]. Además, se tomaron medidas de masa de los frutos, y diámetros longitudinales y transversales [9].

D. Determinación de compuestos fenólicos totales y familias de polifenoles en frutos

Para el análisis de familias de fenoles, se realiza la extracción utilizando 10 mL de una solución de acetona:agua en relación 1:1.

1) Determinación de compuestos fenólicos:

Los compuestos fenólicos fueron cuantificados de acuerdo con la reacción que presentan con el reactivo de Folin-Ciocalteu (tungstosfato y molibdofosfato), el cual se reduce en solución alcalina, formando un producto de color azul que puede ser detectado a 760 nm. El ácido gálico fue el patrón de fenoles empleado. El procedimiento de la determinación se realiza de acuerdo con [11] y los resultados se reportan como mg ácido gálico/g residuo.

2 Índice de contenido de flavonoles:

El contenido de flavonoles se estima por la medida de la absorbancia a 365nm en una celda de 10mm, de un extracto acetona-agua 1:1, y se calcula en función de la masa de fruto y el volumen de extracción [12].

3) Índice del contenido de ácidos hidroxicinámicos:

El contenido de ácidos hidroxicinámicos se estima por la medida de la absorbancia a 320nm, longitud de onda característica de ácidos cinámicos y sus ésteres en una celda de 10mm, de un extracto acetona-agua 1:1 y se calcula en función de la masa de fruto y el volumen de extracción [12].

E. Determinación de minerales por Espectrofotometría de absorción atómica

En esta parte, el estudio determinó el contenido de macronutrientes (sodio, potasio, calcio, magnesio), micronutrientes (zinc, cobre, manganeso, hierro, molibdeno, boro) y algunos metales contaminantes (plomo, níquel, cadmio, cromo). Dicha determinación se realizó de acuerdo con Fernández-Hernández y colaboradores [13]. Aproximadamente 4 gramos de frutos en estado de maduración de consumo fueron sometidos a digestión seca por calcinación a 600 °C en mufla. Las cenizas obtenidas se sometieron a digestión húmeda con ácido nítrico concentrado, se calentó a 90 grados durante 2 horas, se filtró y se diluyó a 100 mL. El análisis fue realizado por espectrofotometría de absorción atómica, utilizando llama de aire/óxido nitroso para la cuantificación de calcio, y llama de aire/acetileno para la determinación de los metales restantes. Las curvas de calibración se realizaron con patrones certificados utilizando 6 puntos de calibración.

F. Análisis estadístico

Los análisis de varianzas y de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$) fueron usados para revisar diferencias entre tratamientos. Con los promedios de las variables evaluadas se construyó una matriz básica de datos para un análisis multivariado, que incluye un análisis de componentes principales (ACP) para explicar la varianza entre tratamientos, y un análisis de jerarquización por clusters. Los análisis estadísticos se realizaron con Minitab 17.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

los frutos recolectados se clasificaron visualmente de acuerdo con su coloración y según lo que sugieren Quijano y colaboradores [3], obteniendo 5 diferentes estados de maduración, de la siguiente manera (Fig. 1):

- Estado de maduración 1: epicarpio 25% de color magenta.
- Estado de maduración 2: epicarpio 50% de color magenta.
- Estado de maduración 3: epicarpio 75% de color magenta.
- Estado de maduración 4: epicarpio 100% de color magenta.
- Estado de maduración 5: bayas de epicarpio color morado.

Se encontró que el color es un factor dominante en la clasificación de diferentes frutos según el nivel de madurez, como se ha reportado para otros frutos como Guayaba [14], Ciruela [15] y fresa [16], y que este es el principal criterio que tienen en cuenta los consumidores para decidir si un fruto está en madurez óptima de consumo [16].

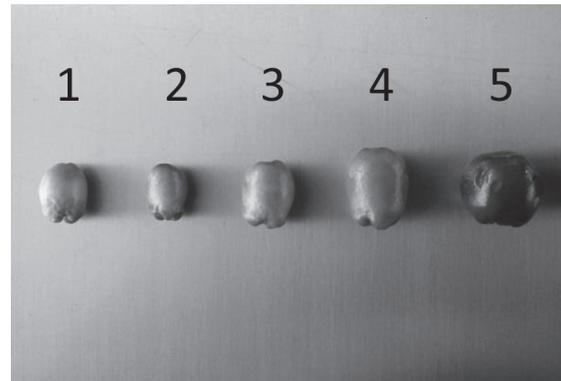


Fig. 1. Estados de maduración de *S paniculatum* clasificados por color.

En la Fig. 2 se observan los resultados para los parámetros de peso fresco y diámetros longitudinales y ecuatoriales, que permitieron encontrar diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes estados de maduración. Estos parámetros han sido ampliamente utilizados para describir el crecimiento de los frutos con la maduración, en los que se han obtenido resultados que concuerdan con lo que reporta este trabajo [5], [14]. Sin embargo, no son los mejores parámetros de clasificación, ya que dependen de un gran número de variables como la relación hoja/fruto, el número de frutos por árbol, la edad de la planta y el manejo de los arbustos y del suelo [17].

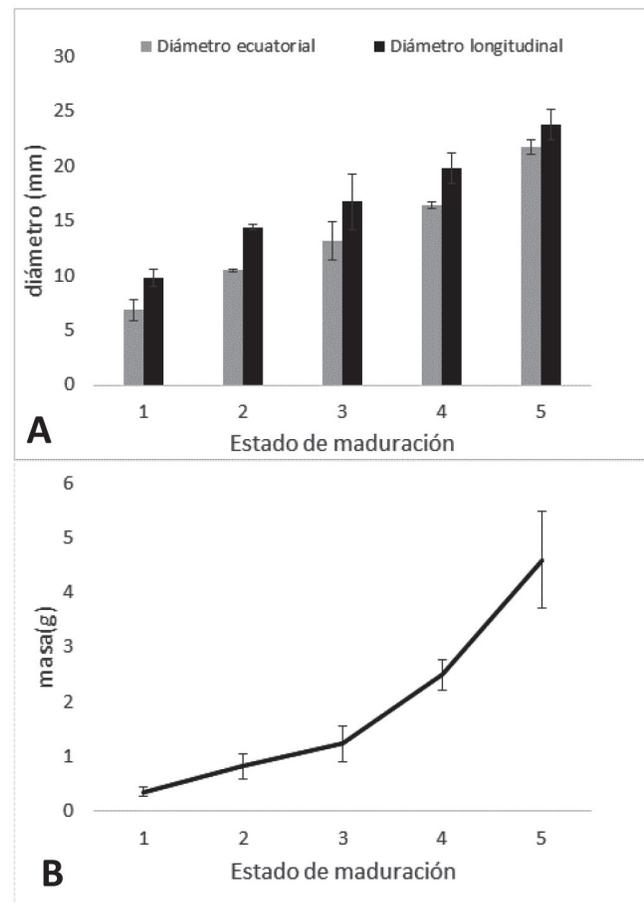


Fig. 2. Parámetros físicos determinados en frutos de *S paniculatum*, en diferentes estados de maduración. Los resultados se presentan como promedio \pm desviación estándar para $n=20$

La Fig. 3 muestra los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos, y en la Fig. 3A se observan aumentos en la humedad y disminución en el contenido de cenizas con la madurez de los frutos. Importante destacar que el agua es un solvente necesario para mantener el contenido de sustancias solubles como azúcares y sales que influyen en cualidades organolépticas de los frutos, como el sabor. Se ha reportado que el aumento en el contenido de humedad se debe principalmente al aumento de sustancias solubles, lo cual aumenta la transferencia osmótica de agua desde la cáscara hasta la pulpa [18].

La Fig. 3B muestra los cambios en el pH y acidez total titulable, cuyos resultados concuerdan en una disminución de las características ácidas de los frutos avanzando en su estado de maduración. Resultados similares se han reportado para otros frutos como mango [18] y uva [19], lo que sucede por la hidrólisis de almidones que conducen a una reducción de la acidez y a una mejora en el sabor dulce de la fruta [18].

La Fig. 3C muestra los cambios en el Índice de refracción que disminuye con el estado de maduración, y la relación entre esta medida y la acidez titulable, conocida como índice de maduración (balance entre azúcares y ácidos que determina el sabor característico del fruto) [5], que divide claramente a los frutos en los estados de maduración definidos. El índice de refracción es una medida proporcional al contenido de sólidos solubles totales en la fruta, valor que es proporcional al contenido de azúcares.

Principalmente se reportan aumentos en el índice de refracción debido a que el contenido de azúcares aumenta por reacciones de hidrólisis de almidones que se transforman en azúcares simples, aumentando este valor, como sucede en frutos de agraz [17] y mango [18] durante la maduración; sin embargo, los resultados encontrados para la cereza magenta muestran una disminución en este índice con la maduración. Al respecto, Solarte y colaboradores [14] reportan que estos resultados pueden ser consecuencia de un intenso metabolismo de azúcares como fructosa y glucosa, que sucede durante la maduración. Resultados similares se reportan para el material vegetal de Guayaba-regional blanca, donde estados de maduración verde y pintón presentan un mayor contenido de azúcares solubles en comparación con el estado maduro [14]; Piazzola y colaboradores [19] no reportan cambios significativos en este parámetro en frutos de uva.

Por su parte, los compuestos fenólicos (que incluyen compuestos de las familias de los taninos, ácidos hidroxicinámicos, flavonoles, antocianinas, entre otros), son metabolitos secundarios que tienen una influencia importante en las cualidades organolépticas de los frutos, como el color y el sabor, pero además confieren propiedades antioxidantes, antimutagénicas, antialérgicas, entre otras, interesantes desde el punto de vista nutracéutico [20].

Para la determinación de compuestos de la familia de los fenoles, se realizó la curva de calibración tomando como referencia el ácido gálico, lo cual da como resultado la ecuación:

$$\text{Absorbancia}_{760\text{nm}} = 0.0088(\mu\text{g de ácido gálico/mL}) - 0.0012, \quad (1)$$

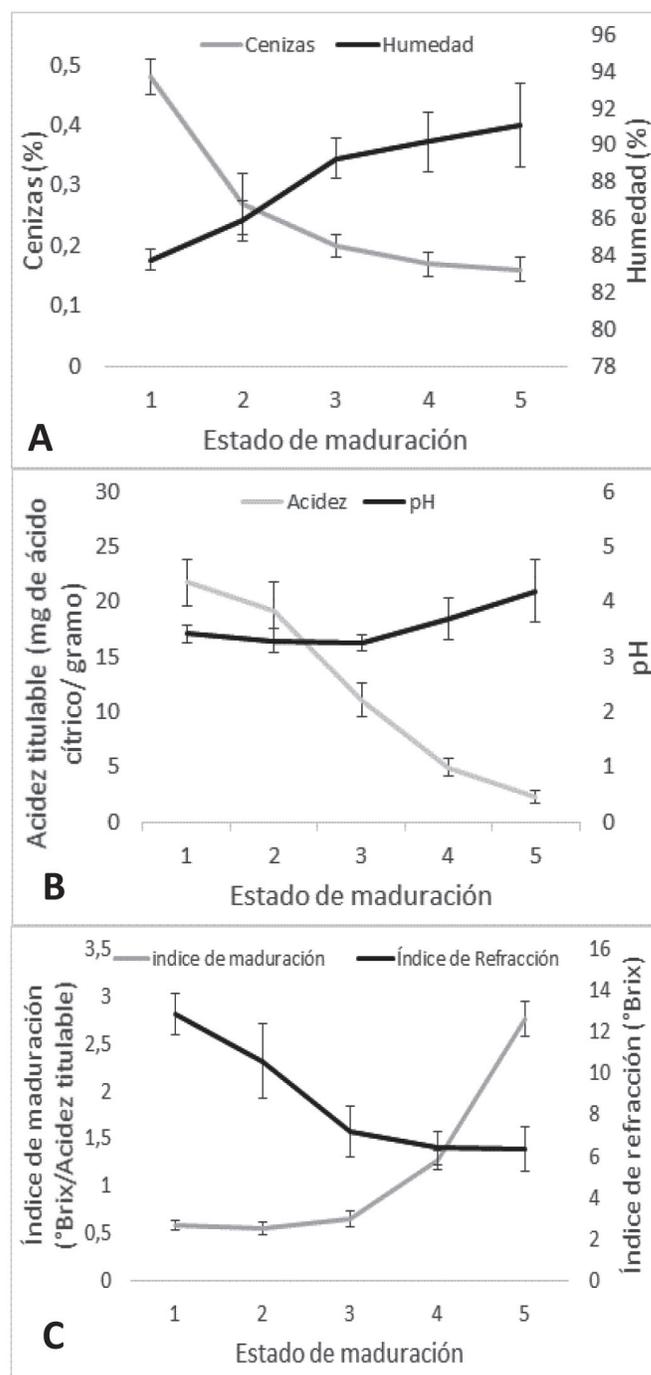


Fig. 3. Parámetros de parámetros fisicoquímicos determinados en frutos de *S paniculatum*, en diferentes estados de maduración. Los resultados se presentan como promedio \pm desviación estándar para $n=10$

que presenta un valor de $R^2 = 0.9996$, a partir de la cual se hace la comparación de las muestras problema. Los resultados se observan en la Tabla 1, donde también se encuentran los resultados para familias de compuestos fenólicos, los cuales evidencian la presencia de flavonoles y ácidos hidroxicinámicos en los diferentes estados de maduración de la fruta. En el análisis se encuentra que el contenido de compuestos de la familia de los fenoles tiene una tendencia a disminuir con la maduración, lo cual ha sido reportado para otros frutos: Uylaşer [21] encontró una disminución en el contenido de fenoles para cuatro variedades de frutos

del árbol de Olivo en Turquía, que le permitió concluir que uno de los principales factores que afectan este contenido es el grado de madurez y la locación de los árboles. A su vez, Ydjedd y colaboradores [22], reportaron comportamientos similares para frutos de algarrobo, tanto para el contenido de fenoles totales como para el contenido de flavonoles, al realizar extracciones con acetona y acetato de etilo. En Piazzolla y colaboradores [19] se encuentra una disminución del contenido en frutos de uva con la maduración. Sin embargo, en frutos de *Eugenia jambolana*, fruto de la misma familia, no se encuentra una tendencia al respecto, de acuerdo con la información de [20].

TABLA I
ANÁLISIS DE FAMILIAS FENÓLICAS EN FRUTOS CON DIFERENTES ESTADOS DE MADURACIÓN

Estado de maduración	fenoles mg ácido gálico/g residuo	Índice ácido hidroxicinámico (IAH/g de residuo)	Índice de flavonoles (IF/g de residuo)
1	18.8 ± 0.8	10.8 ± 0.4	10.9 ± 1.1
2	9.9 ± 0.3	6.3 ± 0.3	4.1 ± 0.7
3	7.3 ± 0.9	3.2 ± 0.4	4.4 ± 1
4	3.8 ± 0.4	1.5 ± 0.1	5.1 ± 1.9
5	7.5 ± 0.9	1.6 ± 0.1	1.68 ± 0.5

El análisis se realiza en frutos con el estado de maduración mayor. Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar para n=4.

Los análisis de componentes principales (Fig. 4) y análisis jerarquización por clúster (datos no mostrados), corroboran estadísticamente la clasificación de los frutos en los 5 estados de maduración trabajados. Los primeros dos componentes del análisis de componentes principales explican un 96.5% de la varianza, y es el primer componente (con un 83.5% de la varianza) el que divide a los 5 estados de maduración, influenciado positivamente por el contenido de fenoles y los índices de compuestos de la familia de los polifenoles; además del porcentaje de cenizas, la acidez y el índice de refracción, parámetros que de acuerdo con lo observado, son más altos numéricamente en los estados de maduración tempranos; y está influenciado negativamente por los parámetros que caracterizan a los estados de maduración de mayor desarrollo.

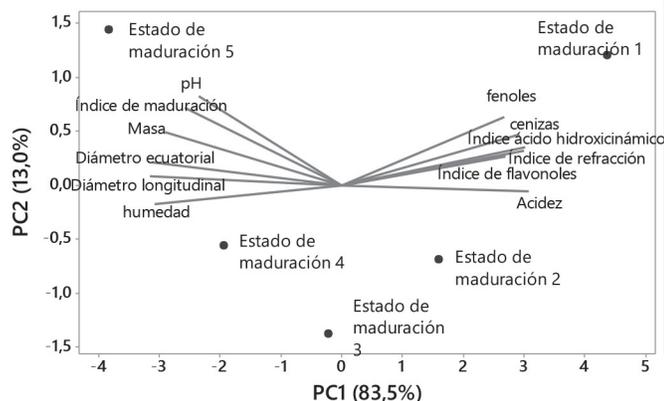


Fig. 4. Diagrama Biplot del análisis de componentes principales.

Para complementar el análisis proximal en los frutos del estado de maduración de consumo, se realizaron mediciones de macronutrientes y micronutrientes por espectrofotometría de absorción atómica (Tabla II). Los frutos fueron calcinados y las cenizas digeridas para analizar el contenido de minerales, encontrando contenidos considerables de potasio, calcio y magnesio, lo cual sugiere buenas características nutricionales de la fruta.

Asimismo, se midieron los contenidos de elementos contaminantes que podrían provenir de la contaminación ambiental. En el análisis realizado se encuentra que el contenido de estos contaminantes está por debajo del límite de detección de la técnica de análisis por llama. Por tanto, se sugiere implementar una técnica más sensible, como horno de grafito o espectrometría de masas con plasma acoplado Inductivamente, ya que se reportan contenidos de metales contaminantes como plomo y cadmio en el material particulado y sedimentos depositados sobre las vías urbanas en la ciudad de Bogotá y el municipio de Soacha [23], [24], que podrían también depositarse en los frutos estudiados.

TABLA II
DETERMINACIÓN DE MACRONUTRIENTES Y MICRONUTRIENTES POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

	Metal	mg/kg de fruto
Macronutrientes	Na	136 ± 12
	K	845 ± 52
	Ca	176 ± 5
	Mg	213 ± 39
Micronutrientes	Mn	5.2 ± 0.3
	Fe	6.7 ± 2.1
	Zn	0.92 ± 0.04
	Cu	<LC

El análisis se realiza en frutos con el estado de maduración mayor. Los resultados se presentan como promedio ± desviación estándar para n=4. (LC: Límite de Cuantificación).

IV. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se logró una clasificación de los frutos de *S paniculatum* en 5 estados de maduración, de acuerdo con las características físicas, fisicoquímicas y fitoquímicas medidas. Además, se encontró que el estado de maduración de consumo (número 5), cuenta con características interesantes en cuanto a contenido de minerales y de compuestos fenólicos que sugieren un gran potencial que puede ser aprovechado comercialmente para consumo humano, en Bogotá. El estudio sugiere realizar análisis fitoquímicos como análisis de volátiles, de grupos funcionales de interés, y de capacidad antioxidante, que complementen un estudio de la bioprospección del fruto.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA-CGI) y al Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Investigación (SENNOVA), por la financiación del proyecto; y al semillero de investigación en Química de Residuos Agroindustriales y Alimentos, QuiRAL.

REFERENCIAS

- [1] Amaya, M. J., Herreño, G., Mahecha, G., Pérez, J. A., Aparicio, J. M., Valverde, Y. y Cortés, I. V., Plan local de Arborización Urbana: Localidad de Barrios Unidos, Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, Jardín Botánico José Celestino Mutis, 2007.
- [2] Longo, L., Scardino, A., Vasapollo, G. y Blando, F., “Anthocyanins from *Eugenia myrtifolia* Sims”, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 8, no. 3, pp. 329-332, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.03.023>
- [3] Quijano-Celis, C. E., Echeverri-Gil, D., Ruiz, Y. y Pino, J. A., “Volatiles from *Syzygium paniculatum* fruit”, *Natural Product Communications*, vol. 8, no. 1, pp. 129-30, 2013.
- [4] Vuong, Q. V., Hirun, S., Chuen, T., Goldsmith, C. D., Bowyer, M. C., Chalmers, A. C., Phillips, P. A. y Scarlett, C. J., “Physicochemical composition, antioxidant and anti-proliferative capacity of a lilly pillly (*Syzygium paniculatum*) extract”, *Journal of Herbal Medicine*, vol. 4, no. 3, pp. 134-140, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2014.04.003>
- [5] Espinosa, D. S., Pérez, W. H., Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Miranda, D., Fischer Gebauer, G. y Fernández, J. P., “Caracterización fisicoquímica, fisiológica y bioquímica del fruto de granadilla (*Passiflora ligularis* Juss)”, en: *Granadilla (Passiflora Ligularis Juss): Caracterización Ecofisiológica del cultivo*, cap. 3, L. M., Melgarejo, (Ed.), Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. 91-118, 2015.
- [6] *pH of acidified foods*, Official Method of Analysis of AOAC International, Method 981.12, ed. 18, cap. 37, 2005.
- [7] *Acidity (Titrable) of fruit products*, Official Method of Analysis of AOAC International, Method 942.15, ed. 18, cap. 37:10, 2005.
- [8] *Solids (soluble) in fruit, and fruit products*, Official Method of Analysis of AOAC International, Method 932.12, ed. 18, cap. 37, 2005.
- [9] Orjuela, N. M., Moreno, L., Hernández, M. S. y Melgarejo, L. M., Caracterización fisicoquímica de frutos de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) bajo condiciones de almacenamiento. Cap. 3, en *Poscosecha de la Gulupa Sims*. Ed. L. M., Melgarejo y M. S., Hernández, Universidad Nacional de Colombia, 2011.
- [10] *Total ashes Food Samples*, Official Methods of Analysis, Method 923.03, 18th edition cap. 32, p. 2, 2005.
- [11] Ainsworth, E. A. y Gillespie, K. M., “Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using folin-Ciocalteu reagent”, *Nature Protocol*, vol. 2, pp. 875-877, 2007. DOI: [10.1038/nprot.2007.102](https://doi.org/10.1038/nprot.2007.102)
- [12] Andrés-Lacueva, C., Lamuela-Raventós, R. M., Buxaderas, S. y de la Torre-Boronat, M. C., “Influence of Variety and Aging on Foaming Properties of Cava (Sparkling Wine). 2.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 45, pp. 2520-2525, 1997. DOI: [10.1021/jf960905p](https://doi.org/10.1021/jf960905p)
- [13] Fernández-Hernández, A., Mateos, R., García-Mesa, J.A., Beltrán, G. y Fernández-Escobar, R., “Determination of mineral elements in fresh olive fruits by flame atomic spectrometry” *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 8, no. 4, pp. 1183-1190, 2010. DOI: [10.5424/sjar/2010084-1206](https://doi.org/10.5424/sjar/2010084-1206)
- [4] Solarte, M. E., Hernández, M. S., Morales, A. L., Fernández-Trujillo, J. P. y Melgarejo, L. M., “Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de guayaba durante la maduración”, en *Desarrollo de productos funcionales promisorios a partir de la guayaba (Psidium guajava L.) para el fortalecimiento de la cadena productiva*, cap. 3, A. L., Noreales y L. M., Melgarejo, ed., Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [5] Kaur, H., Sawhney, B. K., y Jawandha, S. K., “Evaluation of plum fruit maturity by image processing techniques”, *Journal of Food Science and Technology*, vol. 55, no. 8, pp. 3008-3015, 2018 doi: [10.1007/s13197-018-3220-0](https://doi.org/10.1007/s13197-018-3220-0)
- [6] Pérez de Camacaro, M., Ojeda, M., Giménez, A., González, M. y Hernández, A., “Atributos de calidad en frutos de fresa ‘capitola’ cosechados en diferentes condiciones climáticas en Venezuela”, *Bioagro*, vol. 29, no. 3, pp. 163-174, 2017.
- [7] Buitrago, C. M., Rincón, M. C., Balaguera, H. E. y Ligarreto, G. A., “Tipificación de diferentes estados de madurez del fruto de Agraz (*Vaccinium meridionale Swartz*)”, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, vol. 68, no. 1, pp. 7521-7531, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47840>.
- [8] Appiah, F., Kumah, P. y Idun, I., “Effect of ripening stage on composition, sensory qualities and acceptability of keitt mango (*Mangifera indica* L.) Chips”, *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, vol. 11, no. 5, 2011. DOI: [10.4314/ajfand.v11i5.70439](https://doi.org/10.4314/ajfand.v11i5.70439)
- [9] Piazzolla, F., Amodio, M. L. y Colelli, G., “Spectra evolution over on-vine holding of Italia table grapes: prediction of maturity and discrimination for harvest times using a Vis-NIR hyperspectral device”, *Journal of Agricultural Engineering*, vol. 48, pp. 109-116, 2017. DOI <https://doi.org/10.4081/jae.2017.639>
- [10] Balamurugan, S., “Fruit maturity phenolic content and antioxidant activity of *Eugenia jambolana* lam fruit”, *International Letters of Natural Sciences*, vol. 13, pp. 41-44, 2014. DOI: <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILNS.13.41>
- [11] Uylaşer, V., “Changes in phenolic compounds during ripening in Gemlik variety olive fruits obtained from different locations”, *CyTA - Journal of Food*, vol. 13, no. 2, pp. 167-173, 2015, DOI: [10.1080/19476337.2014.931331](https://doi.org/10.1080/19476337.2014.931331).
- [12] Ydjedd, S., Chaalal, M., Richard, G., Kati, D. E., López-Nicolás, R., Fauconnier, M. L. y Louaiche, H., “Assessment of antioxidant potential of phenolic compounds fractions of Algerian *Ceratonia siliqua* L. pods during ripening stages”, *International Food Research Journal*, vol. 24, no. 5, pp. 2041-2049, 2017. DOI: <http://hdl.handle.net/2268/215392>
- [13] Zafra-Mejía, C., Peña, N. A. y Álvarez, S., “Contaminación por metales pesados en los sedimentos acumulados sobre el corredor vial Bogotá – Soacha”, *Revista Tecnura*, vol. 17, no. 37, pp. 99-108, 2013.
- [14] Zafra-Mejía, C., Santamaría-Galindo, D. M. y Torres-Galindo, C. D., “Análisis climático de la concentración de metales pesados asociados al sedimento depositado sobre vías urbanas”, *Revista de salud pública*, vol. 17, no. 3, pp. 351-364, 2015.

Walter Hernando Pérez Mora. Químico y Magister en Ciencias-Química de la Universidad Nacional de Colombia (UNal). Actualmente estudiante de Doctorado en Ciencias-Química de la misma Universidad. Se ha desempeñado como investigador en institutos de investigación y en la Universidad Nacional en el desarrollo de proyectos en el área de la bioquímica vegetal y de alimentos, y la Química Ambiental; como resultado de los mismos ha publicado artículos en revistas de investigación y capítulos en libros con resultados de proyectos y ha participado en eventos de divulgación científica. También se ha desempeñado como docente universitario y actualmente es instructor e investigador en el Centro de Gestión Industrial del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA-CGI, donde dirige el semillero de investigación en Química de Residuos Agroindustriales y Alimentos, QuiRAL. <https://orcid.org/0000-0002-7290-1874>

Jaquelin Mojica Gómez. Química de la Universidad Nacional de Colombia (UNal) y Especialista en Gerencia de Laboratorios de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Actualmente estudiante de Maestría en Ciencias-Química de la Universidad Nacional. Cuenta con amplia experiencia en el área analítica, manejo de instrumentación química y, diseño, desarrollo y validación de metodologías analíticas en los sectores cosmético, farmacéutico y ambiental. Actualmente se desempeña como instructora del Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA, en el Centro de Gestión Industrial, impartiendo formación titulada en las Tecnologías de Química aplicada a la Industria y Gestión Ambiental, donde adicionalmente lidera el semillero de investigación en Química de Residuos Agroindustriales y Alimentos, QuiRAL. <https://orcid.org/0000-0002-4089-3750>