

## POLIFENOLES TOTALES, CAROTENOIDES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN FRUTOS DE *Passiflora tripartita* “PUR-PUR” DE CUATRO LOCALIDADES DEL NORORIENTE DEL PERÚ

César R. Balcázar-Zumaeta<sup>1</sup>, Marleny A. Gupioc-Jimenez<sup>2</sup>, Efraín M. Castro-Alayo<sup>1</sup>, Fredy Velayarce-Vallejos<sup>2</sup> y Veronica Zuta-Chamoli<sup>2</sup>

### RESUMEN

Los frutos de *Passiflora* se encuentran principalmente en las Américas y se caracterizan por un importante contenido bioactivo. El objetivo de esta investigación fue estudiar los cambios en la concentración de polifenoles totales, carotenoides y la actividad antioxidante en frutos de *Passiflora tripartita* (var. Mollissima) conocida como “pur-pur”, en cuatro localidades del nororiente del Perú, departamento de Amazonas. Para ello se recolectaron frutos en tres estados de madurez, seleccionados en función del color y se evaluó el contenido de sólidos solubles, acidez titulable, actividad antioxidante, mediante ensayo de DPPH, polifenoles totales (PFT) (prueba de Folin-Ciocalteu), y los carotenoides totales (CCT) en la pulpa y cáscara del fruto. Se encontró que el contenido de PFT disminuyó durante la madurez, siendo mayor en la cáscara que en la pulpa. Los carotenoides y la actividad antioxidante alcanzaron 30,4 µg/g y 89,96 % y 29,74 µg/g y 88,06 % en pulpa y cáscara, respectivamente. El estado de madurez influyó sobre la actividad antioxidante ( $P \leq 0,05$ ) y estuvo correlacionado linealmente con el contenido de carotenoides. **Palabras clave adicionales:** Cáscara, madurez, Mollissima, pulpa, pur-pur

### ABSTRACT

**Total polyphenols, carotenoids and antioxidant activity in *Passiflora tripartita* from four locations in northeastern Peru**

The fruits of the genus *Passiflora* are mainly found in the Americas, and are characterized by an important bioactive content. Therefore, this study aimed to study the changes in the level of total polyphenols, carotenoids, and antioxidant activity in fruits of *Passiflora tripartita* (var. Mollissima) known as “pur-pur”, in four localities of northeastern Peru (Amazonas department). For this purpose, fruits were collected at three stages of maturity (according to fruit color), and the soluble solids content, titratable acidity, antioxidant activity (by DPPH assay), total polyphenols (PFT, by Folin-Ciocalteu assay) and total carotenoids (CCT) in the pulp (pure) and peel of the fruit were evaluated. Our study determined that total polyphenol content decreases during maturity (peel showed higher PFT than pulp). Carotenoid content and antioxidant activity reached 30.4 µg/g and 89.96 %, 29.74 µg/g, and 88.06 % in pulp and peel, respectively. In addition, it was possible to determine that the maturity stage influences the antioxidant activity ( $P \leq 0.05$ ), which, in turn, was linearly correlated with the carotenoid content.

**Additional keywords:** Maturity, Mollissima, peel, pulp, pur-pur

### INTRODUCCIÓN

Existe una alta demanda de los denominados “alimentos funcionales”, donde destacan las frutas por su alto contenido de compuestos bioactivos (Iqbal et al., 2021). Esto se debe a su actividad biológica y a la presencia de fitoquímicos antioxidantes (Espinal et al., 2016; Gunathilake et al., 2018). Asimismo, son consumidas *in natura* o procesadas debido a los nutrientes, benéficos para la salud humana (Sagar et al., 2018) evidenciándose que reducen enfermedades y forman parte de una dieta sana (Thokchom y

Mandal, 2020), lo que hace que éstas tengan más relevancia en el mercado internacional, pudiéndose aprovechar sus partes en la industria alimentaria (Ballesteros et al., 2019)

En el género *Passiflora* se incluyen más de 500 especies (Faleiro et al., 2019), cuyos frutos se caracterizan por ser bayas carnosas, amarillas pálidas cuando están maduras y poseer un arilo con numerosas semillas (Casierra et al., 2017; Nunes et al., 2022). Así mismo, se ha señalado que contiene compuestos bioactivos, tales como polifenoles, carotenoides, glucósidos, alcaloides, antocianinas, aminoácidos, y carbohidratos, entre

Recibido: Marzo 10, 2023

Aceptado: Octubre 16, 2023

<sup>1</sup> Instituto de Investigación, Innovación y Desarrollo para el Sector Agrario y Agroindustrial (IIDAA), Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Amazonas, Perú. e-mail: cesar.balcazar@untrm.edu.pe (autor de correspondencia); efrain.castro@untrm.edu.pe

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Amazonas, Perú. e-mail: 031004a122@untrm.edu.pe; veronica.zuta@untrm.edu.pe

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería de Sistemas y Mecánica, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Amazonas, Perú. e-mail: fredy.velayarce@untrm.edu.pe

otros (Franco et al., 2014; Shanmugam et al., 2018), que se utilizan por su actividad antioxidante, antihipertensiva, antiinflamatoria y antibacteriana (Costa et al., 2016; Gil et al., 2014; Medina et al., 2013).

En *P. tripartita* var. Mollissima, conocida como “pur-pur” o “curuba”, destaca la presencia de polifenoles como los principales compuestos responsables de su actividad antioxidante (Ruiz, 2018; Carvalho et al., 2023). Simirgiotis et al. (2013) indicaron que en la cáscara del fruto de *P. tripartita* se genera mayor poder antioxidante y fenoles en comparación a la pulpa, por lo que tiene mejor contenido bioactivo en comparación a otros (Giambanelli et al., 2020; Fischer et al., 2021), resultando un incentivo para promover su uso en la preparación de alimentos funcionales y nutraceuticos (Loizzo et al., 2019; Rojas et al., 2021). Es por ello, que en este estudio se plantea como objetivo determinar los cambios en la concentración de polifenoles totales, carotenoides y actividad antioxidante en pulpa y cáscara de frutos de *P. tripartita* var. Mollissima, procedentes de cuatro localidades del nororiente del Perú, un fruto nativo que se cultiva en distintas condiciones, por lo que se consideraron diferentes lugares, con el fin de garantizar una mayor veracidad en los resultados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material de estudio.** El estudio se realizó con frutos de *P. tripartita* var. Mollissima, procedentes de Montevideo (6°37' S, 77°48' W), Huancas (06°10' S, 77°51' W), Levanto (06°18' S, 77°53' W) y Lamud (06°07' S, 77°57' W), del departamento de Amazonas (Perú). Teniendo en cuenta el trabajo de Lazo (2021), se cosecharon en tres estados de madurez, determinados por el color: verde, amarillo pálido (pintón) y amarillo (maduro).

En cada lugar, se recolectaron frutos por estado de madurez y por triplicado 500 g de cada uno y se transportaron al Laboratorio de Tecnología Agroindustrial de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Posteriormente, se separó manualmente la pulpa, de las semillas, y junto a la cáscara se almacenaron a -18°C, hasta su posterior análisis (Castillo et al., 2023).

La cáscara del fruto fue sometida al tratamiento descrito por Villanueva et al. (2010),

que consistió en secar la muestra en una estufa, LSISI-B2V/EC 55, Ecocell – USA, por 3 días a 48°C, luego se trituró y se envasó al vacío, hasta su posterior análisis.

**Medición de parámetros fisicoquímicos.** La acidez titulable se determinó que de acuerdo al método AOAC 942.15 (AOAC, 2019), mediante titulación de una solución obtenida con 10 g de pulpa y 100 ml de agua destilada, frente a una solución de NaOH 0,1 M, empleando fenolftaleína como indicador y los resultados se expresaron en función de ácido cítrico.

El contenido de sólidos solubles totales se midió empleando un refractómetro (Biobase, BK-PR90, China) y los resultados se expresaron en °Brix.

En los frutos recolectados se determinaron además, los índices de madurez (la relación entre los sólidos solubles totales) y la acidez titulable (Dursun et al., 2021).

**Contenido de carotenoides totales (CCT).** Para esta determinación se consideró el trabajo de Sebben et al. (2018), y se preparó una mezcla con 1 g de pulpa o de cáscara de frutos de pur-pur en 9 mL de una solución de éter de petróleo-acetona (80/20 v/v) y se colocó por 20 minutos en un baño ultrasonido (Daihan-KR, modelo WUC-D10H) con la intención de facilitar la extracción debido a la presencia de un mayor número de microburbujas de cavitación que permiten la rotura de paredes celulares de los tejidos y aceleran la difusión de los carotenoides en el medio. Al sobrenadante se le adicionó nuevamente el mismo volumen de la solución antes indicada, repitiéndose el procedimiento por triplicado, hasta que se perdió el color. Al extracto final se adicionaron 2,5 g de sulfato de sodio y se centrifugó (MPW-251, Med. Instruments) a 10000 RPM y 4 °C por 10 minutos, y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro UV-Vis (Unico, S2100) a 450 nm. Finalmente, la concentración de carotenoides totales se calculó mediante la ecuación:

$$\text{Carotenoides totales} = \frac{\text{ABS} \times \text{V}(\text{mL}) \times 10000}{\text{A}(1\%) \times \text{P}(\text{g})} \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{g muestra}} \right] \quad (1)$$

ABS: absorbancia medida a 450 nm, V: volumen de aforo, A(1%): coeficiente de absorción para mezcla de carotenoides totales = 2500, P: peso de la muestra.

**Contenido de polifenoles totales (PFT).** Para ello se empleó el método de Folin–Ciocalteu (Singleton et al., 1999) de acuerdo a lo descrito por Castillo et al. (2023) y Contreras et al. (2011). Se tomaron 100 µl de la muestra del fruto, se aforó con agua destilada hasta un volumen de 3 mL, luego se preparó una mezcla de reactivo de Folin–Ciocalteu (500 µl) y carbonato de sodio al 10 % (2 mL); se mezclaron ambas soluciones y se agitó por 30 min en ambiente oscuro. La absorbancia se midió a 725 nm y se realizó una curva de calibración de ácido gálico, a partir de una solución acuosa concentrada ( $y = 0.001x - 0.025$ ,  $R^2 = 0.995$ ). Los resultados se expresaron en términos de mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) por 100 g de material en peso fresco.

**Evaluación de la actividad antioxidante (AA).** Se utilizó el método de reducción de radicales libres (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo, DPPH) (Brand et al., 1995), de acuerdo a lo descrito por Castañeda et al. (2008). Para ello, se preparó una solución de 100 mL de DPPH con metanol (20mg/L), luego se preparó otra metanólica de la muestra (cáscara o pulpa) a una concentración de 300 mg/mL ( $S_1$ ). Se empleó una solución en blanco de metanol y agua destilada (2:1) para el ajuste del espectrofotómetro a cero, posteriormente esta se mezcló con 0,75 mL de  $S_1$  y 1.5 ml de metanol. Se preparó una solución patrón de referencia de 1,5 mL de solución de DPPH y 0,75 mL de agua. y la de la muestra se mezcló con  $S_1$  y solución de DPPH, dejándose reposar por 5 minutos. Se midió la absorbancia de las soluciones a 517 nm. El porcentaje de inhibición (%) se determinó con la ecuación:

$$AA(\%) = \left[ 1 - \left( \frac{A_m - A_b}{A_p} \right) \right] \times 100 \quad (2)$$

Ap: Lectura de la absorbancia de la solución patrón de referencia, Am: Lectura de la absorbancia de la muestra, y Ab: Lectura de la absorbancia de la solución en blanco.

**Análisis de datos.** Las mediciones se realizaron por triplicado, para disminuir el error en las evaluaciones. Los resultados se presentan como el valor promedio  $\pm$  desviación estándar; asimismo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba Tukey ( $P \leq 0,05$ ), considerando tres estados de madurez de la cáscara y pulpa de los frutos en cada localidad

como un ensayo separado, empleando el programa estadístico Minitab 19.0. Se determinó el coeficiente de correlación de Pearson, lo que permitió medir el nivel de dependencia lineal entre el contenido de polifenoles y carotenoides totales con la actividad antioxidante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

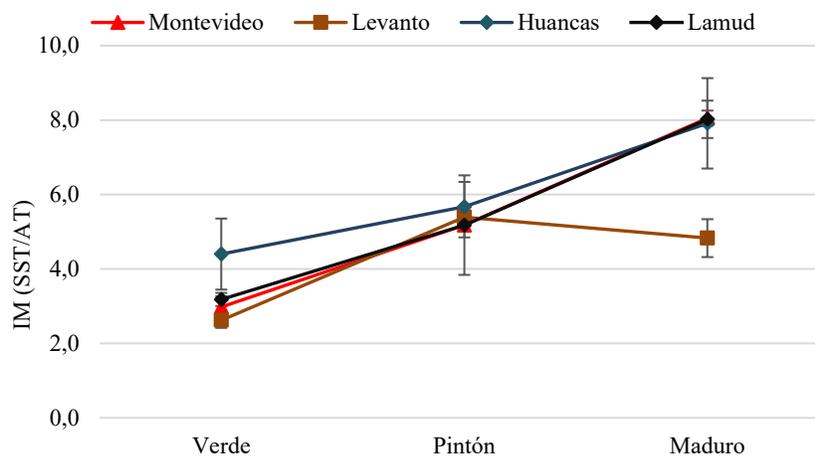
El contenido de sólidos solubles totales (SST) en la pulpa del fruto estuvo entre 7,3 a 11,3 °Brix (Cuadro 1), concordante con lo señalado por Huamaní (2022) quien determinó valores de SST entre 10,0 y 10,8 °Brix. En general, se presentó un incremento de los SST en los diferentes estados de madurez del fruto, excepto en la muestra proveniente de Levanto, en la cual el comportamiento al final fue diferente, posiblemente atribuido a problemas en el muestreo. Debido a que son frutos climatéricos, estos continuarán con su proceso de maduración. Además, se observó la influencia del sitio de colecta de los frutos sobre esta misma variable, con resultados que coincidieron con lo señalado por Vuletić et al. (2017).

El nivel de acidez del fruto estuvo entre 1,32 y 3,30 g ácido cítrico/g pulpa, valores similares a lo reportado por Huamaní (2022). El nivel de esta variable disminuyó según avanzó el estado de madurez, lo que Mayorga et al. (2020) explican que se debe al hecho de que la tasa de respiración en el fruto aumenta y provoca que los ácidos orgánicos sean usados como sustratos, generando una menor acidez titulable.

El índice de madurez en frutos en estado verde varió desde un valor superior a 4 en aquellos provenientes de Huancas hasta valores alrededor de 3 en las otras localidades (Figura 1), mientras que en estado maduro los valores alcanzaron un valor de 8 en tres localidades con la excepción de la localidad de Levanto donde se observó un descenso al pasar del estado de pintón a maduro. Los valores del índice de madurez mínimo son aceptables de acuerdo a lo obtenido por Campos y León (2021), validando el criterio usado en la recolección de los frutos en este estudio, en función de su coloración. Además, el incremento de esta misma variable exhibió probablemente, un equilibrio entre azúcares y ácidos, que otorgan el sabor característico, concomitante con la disminución de la acidez (Fischer et al., 2018).

**Cuadro 1.** Valores promedio de sólidos solubles totales (SST) (°Brix) y acidez titulable (AT) (g/g como ácido cítrico) obtenidos en la pulpa de *Passiflora tripartita* var. Mollissima

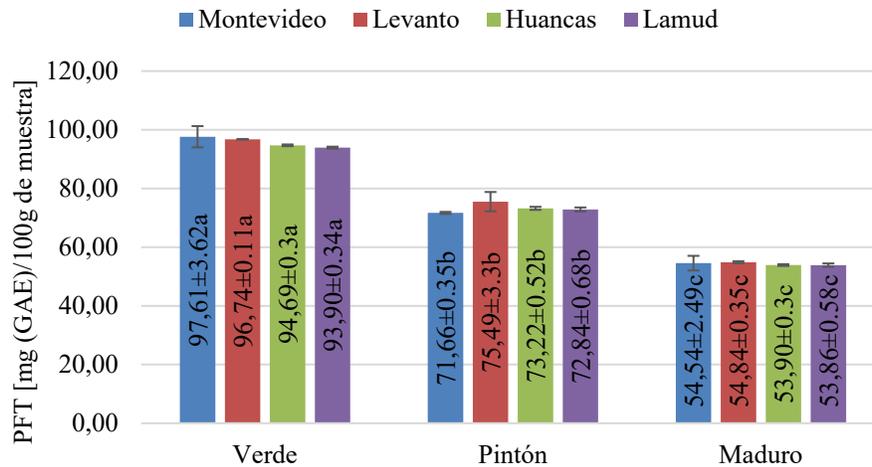
Procedencia	Estado de madurez	SST	AT
Montevideo	Verde	7,8 ± 0,23 b	2,64 ± 0,21 a
	Pintón	10,6 ± 0,30 a	2,04 ± 0,15 b
	Maduro	11,3 ± 0,47 a	1,40 ± 0,05 c
Levanto	Verde	8,7 ± 0,47 b	3,30 ± 0,08 a
	Pintón	10,9 ± 0,29 a	2,02 ± 0,13 b
	Maduro	9,8 ± 0,28 a	2,04 ± 0,13 b
Huancas	Verde	8,8 ± 0,20 a	2,04 ± 0,31 a
	Pintón	10,2 ± 0,98 a	1,81 ± 0,18 ab
	Maduro	10,5 ± 0,40 a	1,34 ± 0,13 b
Lamud	Verde	7,3 ± 0,47 b	2,30 ± 0,05 a
	Pintón	9,8 ± 1,04 a	1,96 ± 0,33 a
	Maduro	10,6 ± 0,56 a	1,32 ± 0,06 b



**Figura 1.** Variación del índice de madurez según los estados en frutos de *Passiflora tripartita* var. Mollissima

En la Figura 2 se evidencia que, conforme ocurría la maduración del fruto, el contenido de PFT en la pulpa disminuyó ( $P \leq 0,05$ ) desde  $97,61 \pm 3,62$  (verde) hasta  $53,86 \pm 0,58$  (maduro) en mg GAE/100 g. Esta reducción, no es un fenómeno aislado propio del pur-pur; sino que, ha sido señalada en diferentes frutos por Castillo et al. (2023) en níspero (*Manilkara sapota*), Li et al. (2023) en durazno (*Prunus persica*) y Kim et al. (2019) en maclura china (*Maclura tricuspidata*).

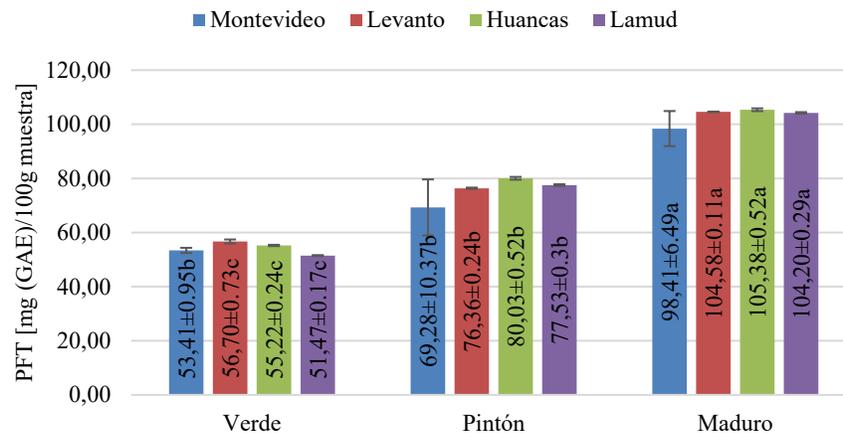
Estos resultados coinciden con los señalados por Aissat et al. (2022), quienes encontraron que existe una disminución de la concentración de los polifenoles en los frutos, conforme estos maduran, lo cual demuestra el efecto del estado de madurez en los PFT, lo que se atribuye a la intensidad de la respiración y la presencia de algunos fosfolípidos y ácidos, que se concentran en las diferentes etapas de maduración.



**Figura 2.** Contenido de polifenoles totales en pulpa de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

Se destaca, entonces, que en la pulpa se presentó una disminución del PFT, conforme avanzaron los estados de madurez del fruto y tal que como se puede contrastar con los indicadores anteriores, se asocia inversamente al contenido de sólidos solubles totales y se explica por la reducción del metabolismo primario que genera una falta de sustrato para la biosíntesis de polifenoles (Kim et al., 2019).

En el caso de la cáscara, el comportamiento fue inverso en relación a PFT en los estados de madurez, en el cual se obtuvo un contenido de 105,38 mg GAE/100g, en comparación al verde donde el valor obtenido fue de 51,47 mg GAE/100g (Figura 3), similares a los señalados por Simirgiotis et al. (2013) cuyo contenido fue, para esta misma parte del fruto, de  $56,03 \pm 4,34$  mg/100g.



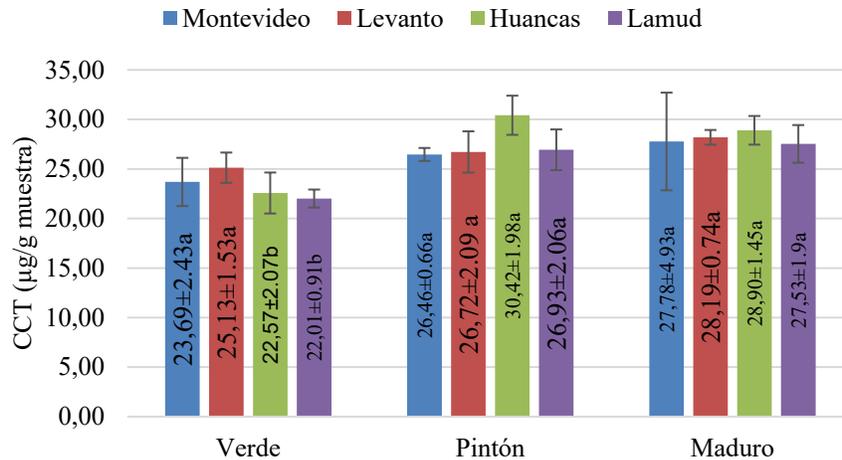
**Figura 3.** Contenido de polifenoles totales en cáscara de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

La variación de PFT en función del estado de madurez, demostró el efecto significativo que presenta, similar a lo señalado por Ruiz (2018) en el sentido de que la cáscara junto a la pulpa, son

una fuente esencial de polifenoles (Rojas et al., 2021). Conforme avanza la madurez, la cáscara mostró un mayor PFT, probablemente debido a una translocación de éstos hacia esos tejidos,

como respuesta a un mecanismo de defensa; sin embargo, esta presunción amerita mayores estudios. En la pulpa, el CCT estuvo en un rango de 22,01 a 30,4  $\mu\text{g/g}$  muestra, valores que están dentro de los obtenidos por Rojas et al. (2021) para frutos del pur-pur, procedente de Perú (18,3 a 28,2  $\mu\text{g/g}$ ) así mismo la de los frutos procedentes de Lamud y Huancas, se agruparon debido a la diferencia significativa que presentan. Se observó

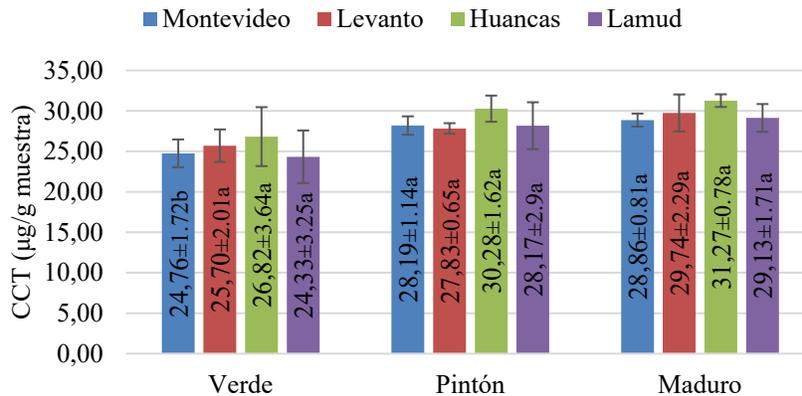
que existe una tendencia a incrementar el CCT en los estados de madurez ( $P \leq 0,05$ ), lo que concuerda con el estudio de realizado por Franco et al. (2013), en el cual señalaron que la pulpa de los frutos de las especies incluidas en Passifloraceae, acumulan carotenos mientras maduran, lo que se asocia con una posible respuesta al estrés oxidativo (Franco et al., 2014; García et al., 2017).



**Figura 4.** Contenido de carotenoides totales en pulpa de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

En relación al contenido de carotenoides en la pulpa de los frutos de *P. Tripartita* en estado maduro se encontró un mayor valor (28,90 ± 1,45  $\mu\text{g/g}$ ), en comparación con los verdes (22,01 ± 0,91  $\mu\text{g/g}$ ) (Figura 4). Asimismo, esta parte del fruto, registró un menor contenido respecto a la

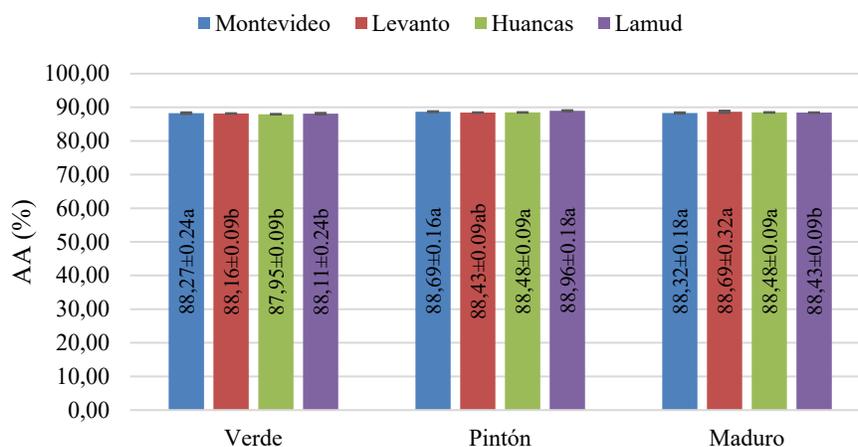
cáscara (Figura 5), lo cual sucede, porque esta clase de compuestos, están involucrados en la pigmentación natural del fruto (Vargas et al., 2019), lo que coincidió con los cambios de color durante la maduración (Guavita et al., 2018).



**Figura 5.** Contenido de carotenoides totales en cáscara de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

Sin embargo, estadísticamente, los tres estados de madurez, no tuvieron efecto significativo entre si en el CCT ( $P>0,05$ ), a excepción de los frutos verdes procedentes de Montevideo. Sin embargo, estos frutos alcanzaron 88,27 % de inhibición de radicales libres (Figura 6), es decir, una alta actividad antioxidante, similar a la señalada por Gil et al. (2014) y por Loizzo et al. (2019), lo cual

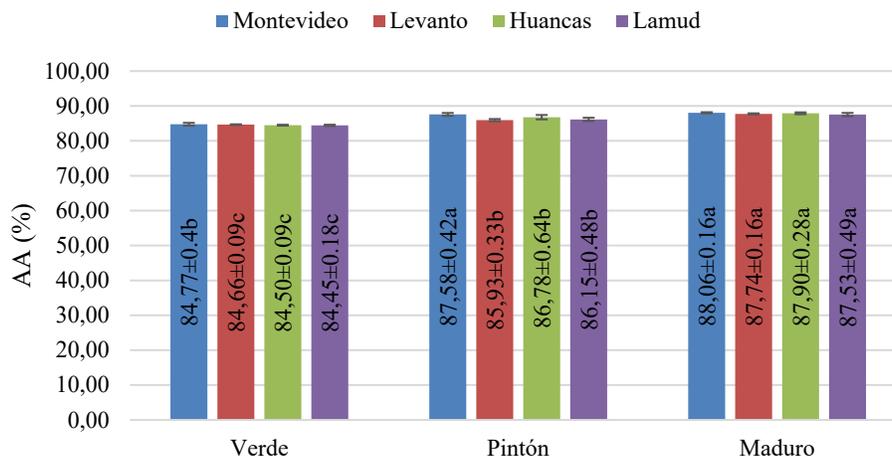
se atribuye a una alta concentración de compuestos fenólicos (Ruiz et al., 2018; Giambanelli et al., 2020; Lopa et al., 2021). A partir de los resultados de este estudio, se puede concluir, que la pulpa tiene una alta actividad antioxidante en comparación a otros frutos, tal cual lo señaló Fischer et al. (2020).



**Figura 6.** Actividad antioxidante en pulpa de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P\leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

La actividad antioxidante determinada en la cáscara del fruto expone un comportamiento lineal conforme se da la maduración en el caso de *P. Tripartita*; la muestra procedente de Lamud, en los tres estados de madurez, presentó menores valores (en verde, 84,45±0,18c), en comparación con las procedentes de Montevideo, que

destacaron entre todos (maduro, 88,06 ± 0,16) (Figura 7). Es posible afirmar que, en el caso del fruto de pur-pur, esta actividad es alta y se atribuye a una importante concentración de compuestos fenólicos en la cáscara (Ruiz, 2018; Loizzo et al., 2019; Rojas et al., 2021;).



**Figura 7.** Actividad antioxidante en cáscara de *Passiflora tripartita* var. Mollissima, según estado de madurez. Prueba de Tukey ( $P\leq 0,05$ ). Comparaciones realizadas en cada localidad por separado

El contenido de carotenoides presentó una correlación lineal de alta a muy alta sobre la actividad antioxidante, tanto en pulpa como la cáscara, respectivamente, concordante con lo señalado por Chaparro et al. (2014) y García et al. (2017), cuyos resultados evidenciaron que los frutos de la familia Passifloraceae presentan una correlación directa, debido a que los compuestos de esta clase tienen la propiedad de capturar oxígeno singlete e inhibir la propagación del estrés oxidativo y otros radicales libres (Franco et al., 2014).

Referente al contenido de PFT, en la pulpa de la fruta se evidenció una alta correlación directa (0,9) sobre la actividad antioxidante (Cuadro 2),

similar a lo determinada por Sepúlveda et al. (2015), y que se debe a que esta fruta es fuente importante de carotenoides y compuestos fenólicos (Casierra et al., 2017; Martín et al., 2018; Sayago et al., 2021). El mismo grupo de polifenoles totales presentó una correlación negativa moderada con la actividad antioxidante, que podría atribuirse a la degradación térmica de fenoles *versus* el incremento de antioxidantes, que pueden pertenecer a otras familias químicas. Así mismo, el método de procesamiento puede influir en el resultado del análisis del contenido de compuestos fenólicos, como fue demostrado por Fuentes et al. (2022).

**Cuadro 2.** Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ) entre el contenido de polifenoles y carotenoides con la actividad antioxidante en *Passiflora tripartita* var. *Mollissima*

Parte del fruto	Compuesto	Actividad antioxidante
Cáscara	Polifenoles totales	0,90
	Carotenoides totales	0,86
Pulpa	Polifenoles totales	-0,57
	Carotenoides totales	0,63

## CONCLUSIONES

El estudio demostró que el contenido de carotenoides totales y actividad antioxidante se incrementó hasta el tercer estado de madurez en los frutos de *Passiflora tripartita*. Asimismo, se determinó que la cáscara presentó un nivel más alto de polifenoles totales, en comparación a la pulpa, y este comportamiento fue similar, en las muestras procedentes de las cuatro localidades del noreste del Perú (Amazonas).

## AGRADECIMIENTOS

El cargo de publicación por página fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación - Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Investigación auspiciada por el Proyecto C.U.I. 2343049 “Creación de los Servicios de investigación en ingeniería de alimentos y post cosecha de la UNTRM”, de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (Perú).

## LITERATURA CITADA

1. Aissat, A.K., N. Chaher-Bazizi, T. Richard, D. Kilani-Atmani, E. Pedrot, E. Renouf, D. Atmani y J. Valls Fonayet. 2022. Analysis of individual anthocyanins, flavanols, and other polyphenols in *Pistacia lentiscus* L. fruits during ripening. *Journal of Food Composition and Analysis* 106: 104286.
2. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2019. *Official Methods of Analysis* (21° ed.). Association of Official Analytical Chemists.
3. Ballesteros-Vivas, D., G. Alvarez-Rivera, E. Ibáñez, F. Parada-Alfonso y A. Cifuentes. 2019. Integrated strategy for the extraction and profiling of bioactive metabolites from *Passiflora mollissima* seeds combining pressurized-liquid extraction and gas/liquid chromatography-high resolution mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 1595: 144-157.
4. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier y C. Berset. 1995. Use of a free radical method to

- evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1): 25-30.
5. Campos, I.N. y J.L.S. León. 2021. Néctar de “tumbo serrano” *Passiflora tripartita* Kunth edulcorado con miel de abeja: Cuantificación de la vitamina C y aceptabilidad organoléptica. *Agroindustrial Science* 11(2): 141-147.
  6. Carvalho, Z., J.M., dos Anjos, R. Corrêa, E. A. Frota, P.H. Campelo y J. de Araújo. 2023. Passion fruit (*Passiflora* spp.) pulp: A review on bioactive properties, health benefits and technological potential. *Food Research International* 166: 112626.
  7. Casierra-Posada, F., J. Lancheros-Olmos y J. Cutler. 2017. Crecimiento y caída de frutos en curuba (*Passiflora tripartita* var. Mollissima). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 11(2): 237-246.
  8. Castañeda, C.B., L.E. Ramos y V.L. Ibáñez. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Revista Horizonte Médico* 8(1): 56-72.
  9. Castillo-Chuquizuta, N., C. Balcázar-Zumaeta, M. de J. Ricce-Villanueva y S.G Chavez-Quintana. 2023. Changes in bioactive compounds in fruits of *Eriobotrya japonica* grown in three different locations in Northeastern in Peru. *Agrociencia* 57(4): 95-103.
  10. Chaparro, D. C., M. E.Maldonado, M. C. Franco y L.A. Urango. 2014. Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Perspectivas en Nutrición Humana* 16(2): Article 2.
  11. Contreras-Calderón, J., L. Calderón-Jaimes, E: Guerra-Hernández y B. García-Villanova. 2011. Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International* 44(7): 2047-2053.
  12. Costa, G.M., A.C. Gazola, S.M. Zucolotto, L. Castellanos, F.A. Ramos, F.H. Reginatto y E.P. Schenkel. 2016. Chemical profiles of traditional preparations of four South American *Passiflora* species by chromatographic and capillary electrophoretic techniques. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 26(4): 451-458.
  13. Dursun, A., O. Çalışkan, Z. Güler, S. Bayazit, D. Türkmen y K. Gündüz. 2021. Effect of harvest maturity on volatile compounds profiling and eating quality of hawthorn (*Crataegus azarolus* L.) fruit. *Scientia Horticulturae* 288: 110398.
  14. Espinal-Ruiz, M., L.P. Restrepo-Sánchez, C.E. Narváez-Cuenca y D.J. McClements. 2016. Impact of pectin properties on lipid digestion under simulated gastrointestinal conditions: Comparison of citrus and banana passion fruit (*Passiflora tripartita* var. Mollissima) pectins. *Food Hydrocolloids* 52: 329-342.
  15. Faleiro, F.G., N.T.V. Junqueira, T.G. Junghans, O.N. Jesus, D. Miranda, y W.C. Otoni. 2019. Advances in passion fruit (*Passiflora* spp.) propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura* 41(2): e-155.
  16. Fischer, G., L.M. Melgarejo y J. Cutler. 2018. Pre-harvest factors that influence the quality of passion fruit: A review. *Agronomía Colombiana* 36(3): Article 3.
  17. Fischer, G., O. Quintero, C. Téllez y L.M. Melgarejo. 2020. Curuba: *Passiflora tripartita* var. Mollissima y *Passiflora tarminiana*. *Pasifloras-especies cultivadas en el mundo* pp 105-121.
  18. Fischer, G. y D. Miranda. 2021. Review on the ecophysiology of important Andean fruits: *Passiflora* L. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 74(2): 9471-9481.
  19. Franco, G., J.R. Cartagena y G.A. Correa. 2013. Estimating fruit pulp carotenoid content from shell color in gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 14(2): 199-206.
  20. Franco, G., J.R. Cartagena, G.A. Correa, B. Rojano y A.M. Piedrahita. 2014. Actividad antioxidante del jugo de *Passiflora edulis* Sims (Gulupa) durante la poscosecha. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 19(3): Article 3.
  21. Fuentes-Herrera, P.B., A. Delgado-Alvarado, B.E. Herrera-Cabrera, M.A. Tornero-Campante, M. de L. Arévalo-Galarza, A. L. Martínez-Ayala and Ariadna I. Barrera-

- Rodríguez. 2022. Effect of processing methods on the content of phenolic compounds in *Vicia faba*. tissues grown in field and greenhouse. *Bioagro* 34(3): 221-232.
22. García-Ruiz, A., A. Girones-Vilaplana, P. León, D.A. Moreno, C.M. Stinco, A.J. Meléndez-Martínez y J. Ruales. 2017. Banana Passion Fruit (*Passiflora mollissima* (Kunth) L.H. Bailey): Microencapsulation, Phytochemical Composition and Antioxidant Capacity. *Molecules* 22(1): Article 1.
23. Giambanelli, E., A.M. Gómez-Caravaca, A. Ruiz-Torralba, E.J. Guerra-Hernández, J.G. Figueroa-Hurtado, B. García-Villanova y V. Verardo. 2020. New advances in the determination of free and bound phenolic compounds of Banana Passion Fruit Pulp (*Passiflora tripartita*, var. *Mollissima* (Kunth) L.H. Bailey) and Their In Vitro Antioxidant and Hypoglycemic Capacities. *Antioxidants* 9(7): Article 7.
24. Gil, M., A. Restrepo, L. Millán, L. Alzate y B. Rojano. 2014. Microencapsulation of Banana Passion Fruit (*Passiflora tripartita* Var. *Mollissima*): A New Alternative as a Natural Additive as Antioxidant. *Food and Nutrition Sciences* 5(8): 671-682.
25. Guavita-Vargas, J., L.M. Avellaneda-Torres, M.E. Solarte, L.M. Melgarejo, J. Guavita-Vargas, L.M. Avellaneda-Torres, M.E. Solarte y L.M. Melgarejo. 2018. Carotenoides, clorofilas y pectinas durante la maduración de variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.) de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12(2): 379-389.
26. Gunathilake, K.D.P.P., K.K.D.S Ranaweera y H.P.V. Rupasinghe. 2018. Change of phenolics, carotenoids, and antioxidant capacity following simulated gastrointestinal digestion and dialysis of selected edible green leaves. *Food Chemistry* 245: 371-379.
27. Huamaní, C.J. 2022. Elaboración de puré de Tumbo serrano (*Passiflora mollissima* HBK), maximizando la retención del ácido ascórbico Trabajo de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://n9.cl/pro97>
28. Iqbal, A., P. Schulz y S.S.H. Rizvi. 2021. Valorization of bioactive compounds in fruit pomace from agro-fruit industries: Present Insights and future challenges. *Food Bioscience* 44: 101384.
29. Kim, D.W., W.J.Lee, Y. Asmelash Gebru, H.S. Choi, S.H. Yeo, Y.J. Jeong et al. 2019. Comparison of bioactive compounds and antioxidant activities of *Maclura tricuspidata* fruit extracts at different maturity stages. *Molecules* 24(3): 567.
30. Lazo, L.J. 2021. Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de *Passiflora mollissima* (tumbo) en diferentes pisos ecológicos en las regiones de Arequipa, Moquegua y Cusco. Tesis. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Arequipa, Perú. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2794813>
31. Li, Y., L. Li, X. Zhang, J. Tian, J. Yan y L. Guo. 2023. Differences in total phenolics, antioxidant activity and metabolic characteristics in peach fruits at different stages of ripening. *LWT* 178: 114586.
32. Loizzo, M.R., P. Lucci, O. Núñez, R. Tundis, M. Balzano, N.G. Frega et al. 2019. Native Colombian fruits and their by-products: Phenolic profile, antioxidant activity and hypoglycaemic potential. *Foods* 8(89): 10 p.
33. Martín, D.A., C. Osorio y D.C. Sinuco. 2018. Flavoromics approach to differentiate three edible *Tacsonia* (*Passifloraceae*) fruit species. *European Food Research and Technology* 244(4): 695-703.
34. Mayorga, M., G. Fischer, L.M. Melgarejo y A. Parra-Coronado. 2020. Growth, development and quality of *Passiflora tripartita* var. *Mollissima* fruits under two environmental tropical conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 93: 66-75.
35. Medina-Carrillo, R., M.T. Sumaya-Martínez, M.L. Machuca-Sánchez, L.M. Sánchez-Herrera, R. Balois-Morales y E. I. Jiménez-Ruiz. 2013. Actividad antioxidante de extractos de cálices deshidratados de 64 variedades de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en función de fenólicos y antocianinas totales. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 22(1): 41-44.

36. Nunes, O., L.K. S. Lima, T.L. Soares, L. Nascimento, I. Souza, S. Ribeiro y E.J. Oliveira. 2022. Phenotypic diversity and alternative methods for characterization and prediction of pulp yield in passion fruit (*Passiflora* spp.) germplasm. *Scientia Horticulturae* 292: 110573.
37. Rojas, D., M.R. Calixto-Cotos y F. Suca. 2021. Utilization of *Passiflora tripartite* fruit residues. *Scientia Agropecuaria* 12(3): 445-453.
38. Ruiz, S.G. 2018. Contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante in vitro del zumo de “pur pur” *Passiflora tripartita* var. Mollissima (*Passifloraceae*). *Arnaldoa* 25(3): 1003-1014.
39. Sagar, N.A., S. Pareek, S. Sharma, E. M. Yahia, E. y M.G. Lobo. 2018. Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds, Their Extraction, and Possible Utilization. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 17(3): 512-531.
40. Sayago-Ayerdi, S., D.L. García-Martínez, A.C. Ramírez-Castillo, H.R. Ramírez-Concepción y M. Viuda-Martos. 2021. Tropical Fruits and Their Co-Products as Bioactive Compounds and Their Health Effects: A Review. *Foods* 10(8): Article 8
41. Sebben, J.A., J. da Silveira Espindola, L. Ranzan, N. Fernandes de Moura, L.F. Trierweiler, L y J.O. Trierweiler. 2018. Development of a quantitative approach using Raman spectroscopy for carotenoids determination in processed sweet potato. *Food Chemistry* 245: 1224-1231.
42. Sepúlveda, R., S. Ardiles e I. Calle. 2015. Atributos de calidad de Tumbo (*Passiflora mollissima*) y Locoto (*Capsicum pubescens*) Informativo INIA-URURI 104: 1-4.
43. Shanmugam, S., I.A. Gomes, M. Denadai, B. dos Santos Lima, A. A. de Souza Araújo, N. Narain et al. 2018. UHPLC-QqQ-MS/MS identification, quantification of polyphenols from *Passiflora subpeltata* fruit pulp and determination of nutritional, antioxidant,  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase key enzymes inhibition properties. *Food Research International* 108: 611-620.
44. Simirgiotis, M., G. Schmeda-Hirschmann, J. Bórquez y E. Kennelly. 2013. The *Passiflora tripartita* (banana passion) Fruit: A Source of Bioactive Flavonoid C-Glycosides Isolated by HSCCC and Characterized by HPLC-DAD-ESI/MS/MS. *Molecules* 18(2): 1672-1692.
45. Singleton, V.L., R.M. Orthofer y Lamuela-Raventós. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology* (299): 152-178.
46. Thokchom, R. y G. Mandal. 2020. Production Preference and Importance of Passion Fruit (*Passiflora edulis*): A Review. 4: 27-30.
47. Vargas, M. de L.V., H.F. Brito, J.A.T. Cortez, V.M.T. López y V.M.M. Huchin. 2019. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: Análisis nutricional y compuestos bioactivos. *Ciencia ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva* 26(2).
48. Villanueva-Tiburcio, J.E., L.A. Condezo-Hoyos y E. R. Asquiere. 2010. Antocianinas, ácido ascórbico, polifenoles totales y actividad antioxidante, en la cáscara de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K) McVaugh). *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30: 151-160.
49. Vuletić, M.V., K. Dugalić, I. Mihaljević, V. Tomaš, D.Vuković, Z. Zdunić, B. Puškar y Z. Jurković. 2017. Season, location and cultivar influence on bioactive compounds of sour cherry fruits. *Plant, Soil and Environment* 63(9): 389-395.

