



# ESTUDIO DE LOS FRUTOS DE *BUTIA YATAY* Y *SYAGRUS ROMANZOFFIANA* (ARECACEAE) CULTIVADAS CON FINES ORNAMENTALES COMO FUENTE DE NUTRIENTES Y COMPUESTOS BIOACTIVOS

## FRUITS FROM ORNAMENTAL PALMS TREES *BUTIA YATAY* AND *SYAGRUS ROMANZOFFIANA* (ARECACEAE) AS A SOURCE OF NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPOUNDS

Erica Mandón<sup>1</sup>  & Maria N. Campagna<sup>1\*</sup> 

1. Área Biología Vegetal, Fac. Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas. Universidad Nacional de Rosario, Santa Fé, Argentina.

\*marianoelcam@gmail.com

### Citar este artículo

MANDÓN, E. & M. N. CAMPAGNA. 2023. Estudio de los frutos de *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae) cultivadas con fines ornamentales como fuente de nutrientes y compuestos bioactivos. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 58: 533-546.

 DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v58.n4.41049>

### SUMMARY

**Background and aims:** *Butia yatay* and *Syagrus romanzoffiana* are the most popular ornamental palms trees (Arecaceae) cultivated in many cities of Argentina. During the summer both species produce large quantities of fruits that are arranged in pendulous clusters, very striking due to their organoleptic characteristics: intense color and sweet aroma; however, they are underestimated by the urban population to be used as an alternative source of food. This study aimed to characterize these fruits morphoanatomy, histochemical and nutritional composition in order to encourage their consumption.

**M&M:** The fruits were collected and fixed for standard anatomical examination or used fresh for histochemical study. The proximal composition, total phenolic, and fatty acids were determined.

**Results:** The pulps presented large idioblasts containing tannins, mucilage and calcium oxalate raphides. The presence of groups of fibers of different sizes and vascular bundles surrounded by highly developed sclerenchyma sheaths, scattered throughout the mesocarp, was observed. Both fruits were rich in carbohydrate content (*B. yatay* 11,4 mg g<sup>-1</sup> and *S. romanzoffiana* 37,3 mg g<sup>-1</sup>) and proved to be a good source of dietary fiber and linoleic and linolenic acids, indispensable for human nutrition since they are parent fatty acids of de omega 6 and omega 3 family.

**Conclusions:** The anatomical and histochemical study of the fruits of *B. yatay* and *S. romanzoffiana* allowed us to establish correlations between the observed characters and their proximal and nutritional composition.

### KEY WORDS

Arecaceae, *Butia*, histochemistry, nutritional composition, *Syagrus*.

### RESUMEN

**Introducción y objetivos:** *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana* son las especies de Palmeras (Arecaceae) más cultivadas en Argentina con fines ornamentales. Ambas especies producen en verano grandes cantidades de frutos que se disponen en racimos péndulos, llamativos por sus características organolépticas: colores intensos y aroma dulce; sin embargo son subestimados por la población urbana para ser utilizados como una fuente alternativa de alimento. En el presente trabajo se realizó la caracterización morfológica, anatómica, histoquímica y de composición nutricional de dichos frutos con el fin de alentar su consumo.

**M&M:** Los frutos recolectados fueron fijados para los métodos estándares de micrografía, o fueron utilizados frescos para los estudios histoquímicos. Se determinó la composición proximal, el contenido de ácidos grasos y de polifenoles totales.

**Resultados:** Las pulpas de ambos frutos presentaron idioblastos conteniendo taninos, mucílagos y rafidios de oxalato de calcio. Se observó la presencia de grupos de fibras de distintos tamaños y haces vasculares rodeados de vainas esclerenquimáticas muy desarrolladas, en el mesocarpio. La pulpa presentó un alto contenido de hidratos de carbono (*B. yatay* 11,4mg g<sup>-1</sup>, *S. romanzoffiana* 37,3 mg g<sup>-1</sup>; a su vez demostraron ser una excelente fuente de fibra dietaria, de ácidos linoléico y linolénico, ambos esenciales en la dieta humana debido a que son precursores en la síntesis de la serie omega 3 y omega 6.

**Conclusiones:** Las características anatómicas e histoquímicas de los frutos de *B. yatay* y *S. romanzoffiana* se relacionan con la composición proximal y química obtenida para los mismos.

### PALABRAS CLAVES

Arecaceae, *Butia*, composición nutricional, histoquímica, *Syagrus*.

Recibido: 27 Abr 2023  
Aceptado: 10 Jun 2023  
Publicado en línea: 30 Nov 2023  
Publicado impreso: 22 Dic 2023  
Editora: Ana María Gonzalez 

ISSN versión impresa 0373-580X  
ISSN versión on-line 1851-2372

## INTRODUCCIÓN

La Familia Arecaceae cuenta con 200 géneros y más de 2780 especies que habitan regiones tropicales y subtropicales del planeta (Magaña & Gonzalez, 2017; Anton & Zuloaga, 2023). Los representantes de esta familia, comúnmente denominadas “palmeras”, constituyen un grupo de plantas de importancia económica y ecológica, proveyendo al hombre desde tiempos remotos de alimento, fibras, medicamentos y materiales para construcción (Wolf *et al.*, 2011).

En Argentina, se distribuyen ocho géneros y 12 especies nativas y/o endémicas (Zuloaga & Morrone, 1996). Algunas de estas especies nativas son cultivadas con fines ornamentales y paisajísticos fundamentalmente en ambientes urbanos como, plazas, parques y jardines. Las especies más utilizadas son *Butia yatay* (Mart.) Becc. (“yatay”) y *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (“pindó”) (García, 2010).

*Butia yatay* es una especie endémica en las provincias de Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe y Misiones. Presenta un tallo erecto cubierto por los restos de bases foliares, de 12 a 15 m de altura y 50 a 55 cm de diámetro. Las hojas son pinnadas y arqueadas de color grisáceo a verdoso y miden entre 1,5 a 3 m de largo; poseen vaina o peciolos con los márgenes fibrosos (Lorenzi *et al.*, 2010). Las inflorescencias pendulares alcanzan los 100-130 cm de largo (Fonseca *et al.*, 2007) (Fig. 1 A-B). En Argentina la maduración de los frutos se produce entre diciembre y marzo (Bonomo & Capeletti, 2014).

*Syagrus romanzoffiana* es una especie nativa de amplia distribución: provincias de Buenos Aires, Chaco, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Mendoza, Misiones, Santa Fe, San Juan y San Luis (Anton & Zuloaga, 2023). Presenta tallo liso o anillado de 10 a 15 m de alto y 30 a 35 cm de diámetro. Las hojas son pinnadas de color verde brillante y miden de 2,5 hasta 4 m de largo. La inflorescencia es péndula, ramificada y puede alcanzar los 60 cm de longitud (Fig. 2 A-B) (Noblick, 2017). En Argentina, la maduración de los frutos es en verano: de diciembre a marzo (Bonomo & Capeletti, 2014).

Estas palmeras producen grandes cantidades de frutos en racimos péndulos muy llamativos por su color intenso y aroma dulce (Schwartz *et*

*al.*, 2010). Sólo en las áreas nativas, los frutos de yatay y pindó se consumen frescos o procesados como pulpa, en licores y en mermeladas (Lorenzi & Negrelle, 2006). Es por esto que estas especies adquieren una importancia económica significativa debido a que productores locales comercializan sus productos regionales frescos o como licores, jugos o dulces (Hoffmann *et al.*, 2014; Lescano *et al.*, 2018). Sin embargo, fuera de estas áreas, el uso de estos frutos con fin alimenticio se encuentra poco difundido.

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características morfoanatómicas, la composición proximal, de ácidos grasos y de compuestos bioactivos de los frutos de *B. yatay* y *S. romanzoffiana* cultivadas en áreas urbanas verdes, con el fin de revalorizar estos frutos como fuente alternativa de alimento en ámbitos urbanos.

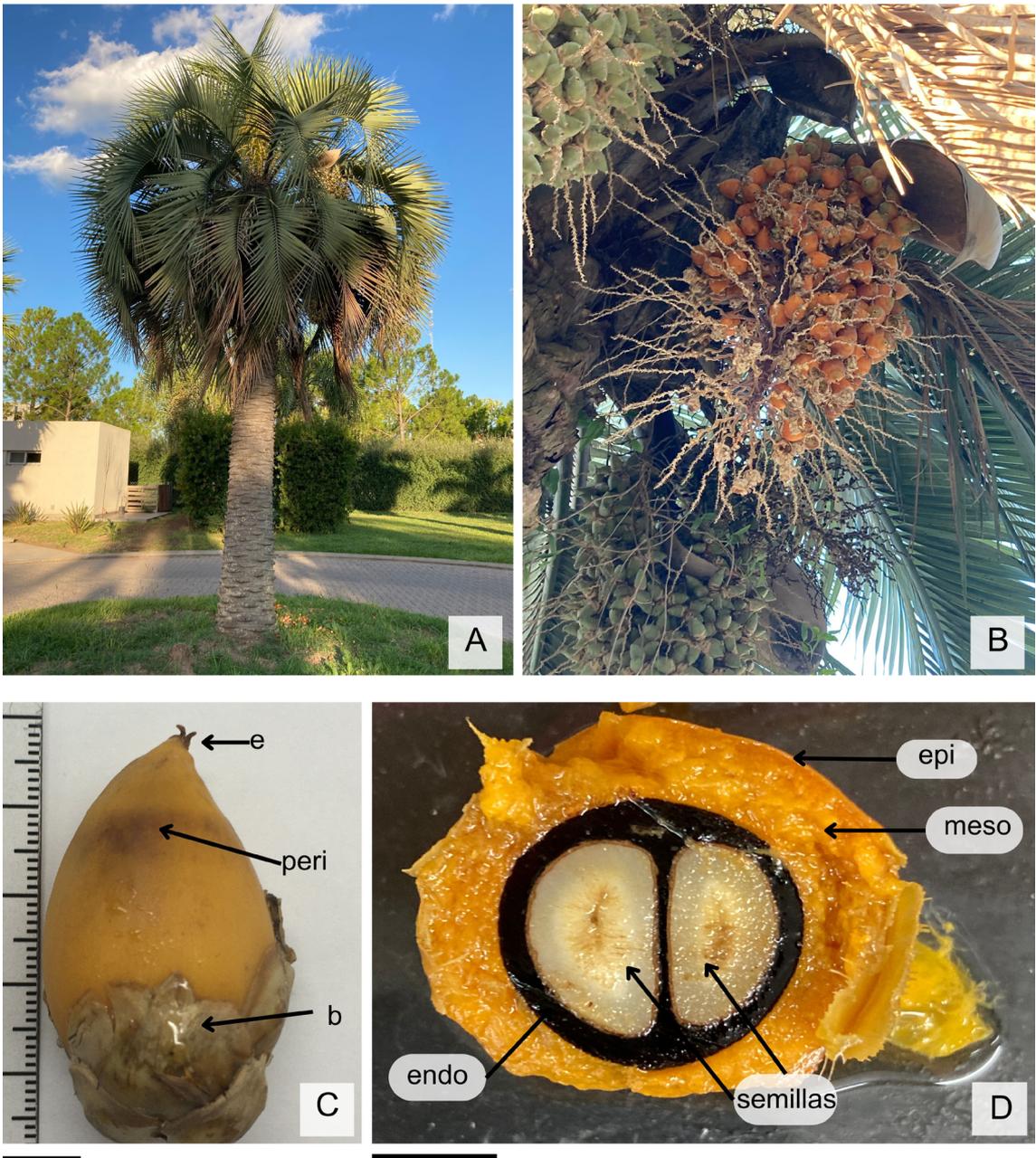
## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material estudiado

*Butia yatay* (Mart.) Becc. ARGENTINA. Prov. Entre Ríos: *Dpto. Concordia*, Concordia, III-1972, Beñatena 30162 (SI). Prov. Santa Fe: *Dpto. General Obligado*, Reconquista, 6-I-1937, Ragonese 2648 (SI). Reconquista, 19-II-1938, Ragonese 3375 (SI). *Dpto. Rosario*, Rosario, 32° 92' 67" S, 60° 67' 10" O, 12-II-2020, Campagna s.n. (UNR). *Dpto. San Lorenzo*, Funes, 32° 92' 97" S, 60° 83' 98" O, 17-I-2021, Campagna s.n. (UNR).

*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman. ARGENTINA. Prov. Corrientes: *Dpto. Santo Tomé*, Santo Tomé, 8-IV-1992, Tressens 4017 (SI). Prov. Santa Fe: *Dpto. General Obligado*, Reconquista, 11-I-1937, Ragonese 2647 (SI). *Dpto. Rosario*, Rosario, 32° 92' 67" S, 60° 67' 10" O, 12-II-2020, Campagna s.n., (UNR). *Dpto. San Lorenzo*, Funes, 32° 92' 33" S, 60° 84' 32" O, 27-V-2021, Campagna s.n., (UNR).

Se consideraron como frutos maduros a los que caen naturalmente de la palmera y poseen un estado de maduración distinguible por su coloración naranja/rojiza, los cuales se recolectaron a los pies de cada ejemplar. En cambio, los frutos inmaduros, de coloración verde, se tomaron de la misma inflorescencia por cada ejemplar. En ambos casos fueron recolectados en áreas domésticas del departamento Rosario, Argentina.



**Fig. 1.** *Butia yatay*. **A:** aspecto general. **B:** frutos. **C:** fruto maduro en vista frontal. **D:** fruto maduro en sección transversal en el que se observan las semillas. Abreviaturas= b: brácteas; e: estigma persistente; endo: endocarpio; epi: epicarpio; meso: mesocarpio. Escalas= C-D: 1 cm.

#### *Análisis Morfoanatómico*

Para determinar los caracteres morfo-anatómicos se utilizaron frutos maduros e inmaduros. Se midió largo y diámetro de cada fruto maduro. Los frutos

fueron fijados en FAA (alcohol etílico 70°, ácido acético glacial, formaldehído y agua 50:5:30:15). Para el estudio del epicarpio y mesocarpio, se realizaron cortes transversales en la parte media



**Fig. 2.** *Syagrus romanzoffiana*. **A:** aspecto general. **B:** frutos. **C:** fruto maduro en vista frontal. **D:** fruto maduro en sección transversal, en el que se observa la semilla y las invaginaciones del endocarpio. Abreviaturas= e: estigma persistente; endo: endocarpio; pe: pericarpio. Escalas= C-D: 1cm.

de los mismos con micrótopo tipo Minot, previa inclusión en parafina (Gattuso & Gattuso,

2002). Las preparaciones fueron coloreadas con safranina-fast-green (Strittmatter, 1979) y azul

de cresilo (Perez & Tomasi, 2002). La pulpa (epicarpio y mesocarpio) y endocarpio fueron macerados aplicando la técnica de Boodle (1916), levemente modificada para la pulpa, la cual no fue tratada con ácido crómico 25%. Se realizaron determinaciones cuantitativas de las dimensiones de los componentes esclerenquimáticos en al menos tres frutos de cada ejemplar, utilizando microscopio óptico Olympus CH30-LB System equipado con ocular micrométrico. Para todas las determinaciones (se realizaron entre 10 y 15 medidas por preparado) se calcularon las medias aritméticas con sus correspondientes desvíos estándar sobre 10 campos al azar de al menos tres preparados histológicos por fruto. El porcentaje de tejido esclerenquimático en la pulpa de ambos frutos fue calculado como el cociente entre la sumatoria del área de cada casquete de fibras y el área del corte transversal del fruto.

Para los estudios histoquímicos se utilizó material fresco (pericarpio) y los siguientes colorantes: sudán IV para lípidos; fluoroglucinol para lignina; azul de cresilo para mucílagos y  $\text{FeCl}_3$  o vainillin sulfúrico para taninos y polifenoles en general (Zarlavsky, 2014).

#### *Composición proximal*

Los frutos maduros fueron lavados con agua destilada y secados con papel para remover la tierra. La pulpa (epicarpio y mesocarpio) fue separada de forma manual del endocarpio y se mantuvo en freezer a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  congelada durante tres a seis meses hasta el momento de utilizarla. La composición proximal de la pulpa fue determinada de acuerdo a los métodos descritos por AOAC (1998) para frutos: Humedad (AOAC 925.10); Materia Grasa (AOAC 920.85); Proteínas (AOAC 920.87, factor: 6,2); Contenido Mineral (AOAC 923.03); Fibra (AOAC 973.18) e Hidratos de Carbono por diferencia. El valor energético total fue estimado considerando un factor de conversión de 4 kcal g<sup>-1</sup> de proteína o hidrato de carbono y 9 kcal g<sup>-1</sup> de lípidos (Barbosa *et al.*, 2021).

#### *Composición de Ácidos grasos*

La extracción de lípidos totales se realizó con cloroformo y metanol según la técnica de Bligh & Dyer (1959) como paso preliminar para la determinación de ácidos grasos. Para derivatizar los triglicéridos en los ésteres metílicos de ácidos

grasos (EMAG), 50 mg de la fracción de lípidos totales fue utilizada según el método descrito por Hartman & Lago (1973), mediante el uso de KOH (0.4 M) y ácido sulfúrico (1M). La EMAG fue analizada por cromatografía gaseosa detector full SCAN: 50-450, volumen de inyección 1  $\mu\text{L}$ , split 1:200, inyector:  $240\text{ }^\circ\text{C}$ , temperatura de la columna:  $140\text{ }^\circ\text{C}$  mantenido por 5 min. y llevado a  $4\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ . hasta  $240\text{ }^\circ\text{C}$  por 10 min, tiempo de corrida: 40Min.

#### *Composición de polifenoles totales (CPT)*

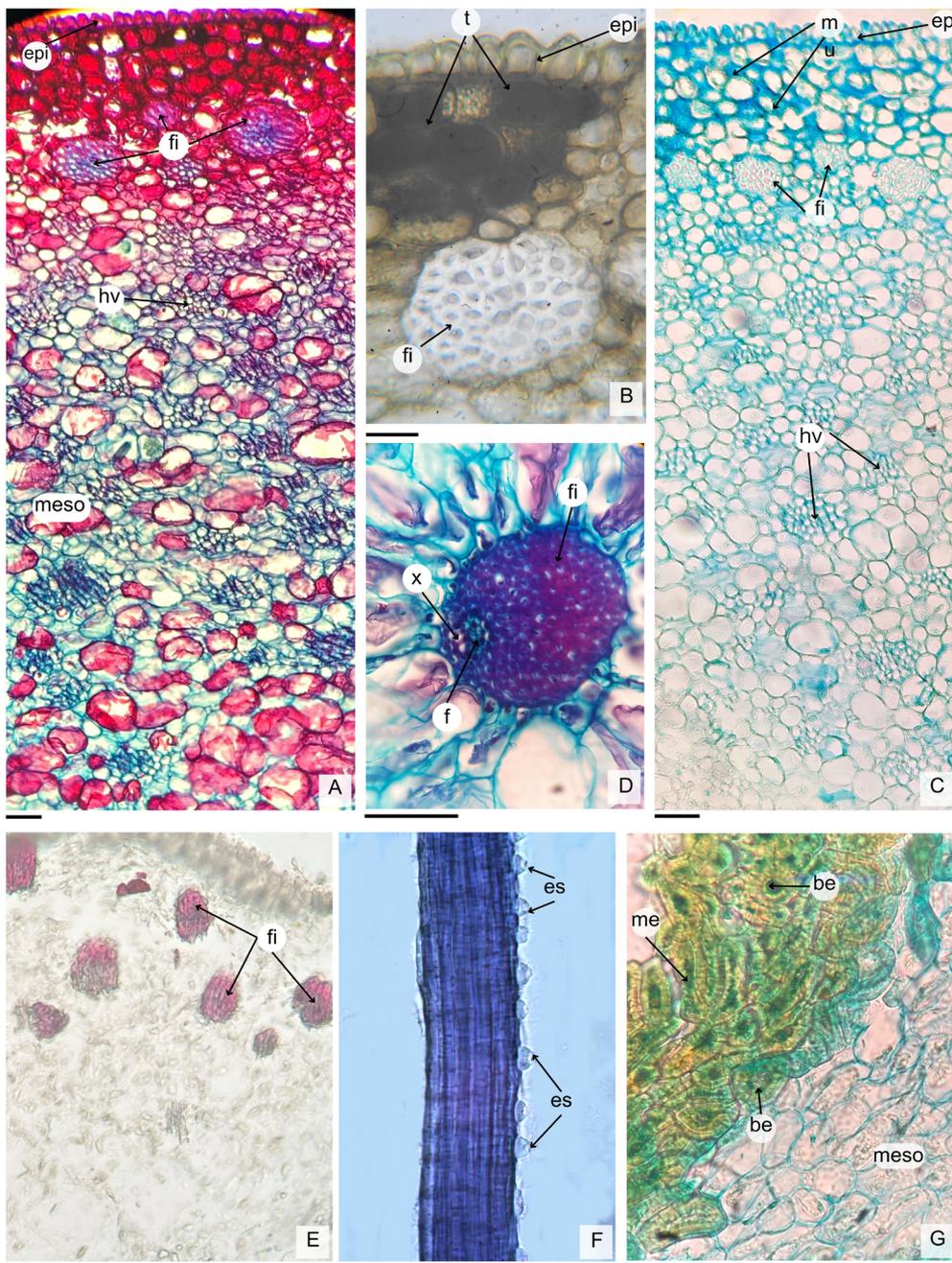
La CPT fue determinada según Singleton & Rossi (1965): 200  $\mu\text{L}$  de los respectivos extractos metanólicos fueron mezclados con 1000  $\mu\text{L}$  del reactivo de Folin-Ciocalteu diluido en agua (1:1 v/v), y 800  $\mu\text{L}$  de carbonato de sodio saturado. La mezcla se mantuvo en oscuridad por 25 min y luego se midió observancia a 752 nm. La curva de calibración se realizó con soluciones de ácido gálico (0 a  $18\text{ mg L}^{-1}$ ). Curva analítica: ( $y = 0.0221x - 0.0273$ ,  $r^2 = 0.9913$ ). Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de ácido gálico cada 100 g de muestra ( $\text{mg GAE } 100\text{ g}^{-1}$ ).

## RESULTADOS

#### *Caracterización Morfo-anatómica*

El fruto de *B. yatay* es drupáceo, ovoide a elipsoide con ápice acuminado y estigma persistente (Fig. 1C). Cuando madura presenta una coloración desde el amarillo pálido al naranja rojizo, con un diámetro promedio de  $2,9 \pm 0,3\text{ cm}$  y longitud de  $4,5 \pm 0,4\text{ cm}$ . Presenta una estructura cupuliforme compuesta por brácteas persistentes en la base del mismo (Fig. 1C). El epicarpio es liso, ceroso, el mesocarpio es carnoso y el endocarpio leñoso con 1 a 2 semillas (Fig. 1D).

En sección transversal el epicarpio está compuesto por una epidermis uniestratificada de células de paredes gruesas y cutinizadas (Fig. 3A). Por debajo de la epidermis se observan 3 a 4 capas irregulares de células conteniendo taninos (Fig. 3B). El tejido fundamental del mesocarpio es parenquimático y presenta células de gran tamaño, muchas de ellas conteniendo mucílagos (Fig. 3C). Dispersos en el mesocarpio existen grupos de fibras de distintos tamaños (Fig. 3A-B) y haces vasculares rodeados de vainas esclerenquimáticas (Fig. 3D). Las fibras, de aproximadamente  $4000\text{ }\mu\text{m}$



**Fig. 3.** *Butia yatay*. **A-E, G:** pericarpio en sección transversal. **A, D:** coloración con safranina fast green. **A:** epicarpio y mesocarpio. **B:** epicarpio y mesocarpio, prueba histoquímica con FeCl<sub>3</sub> (taninos). **C:** epicarpio y mesocarpio, prueba histoquímica con azul de cresilo (mucilagos). **D:** detalle del haz vascular con vaina esclerenquimática. **E:** mesocarpio y endocarpio, prueba histoquímica fluoroglucina (lignina). **F:** material disociado del epicarpio y mesocarpio, coloración violeta de cresilo, fibras y estegmas. **G:** endocarpio, coloración con azul de cresilo. Abreviaturas= be: braquiesclereidas; epi: epicarpio; es: estegmas; hv: haces vasculares; fi: fibras; f: floema; me: macroesclereidas; meso: mesocarpio; mu: mucilagos; t: taninos; x: xilema. Escalas= A, C, E, G: 50 µm; B, D: 25 µm; F: 10 µm.

de longitud (Tabla 1), poseen paredes fuertemente engrosadas, lignificadas, que fueron evidenciadas por la coloración específica con fluoroglucinol (Fig. 3E). Estas se encuentran generalmente acompañadas por estegmatas (idioblastos pequeños que contienen cuerpos de sílice; Fig. 3F). El porcentaje de tejido esclerenquimático obtenido fue del 41%. Además, se observan células con rafidios de oxalato de calcio dispersas por el mesocarpio. El endocarpio está compuesto por esclereidas muy lignificadas dispuestas en distintas capas que se entrecruzan entre sí (Fig. 3G). Dichas esclereidas son del tipo braquiesclereidas y macrosclereidas, cuyos tamaños se expresan en la Tabla 1.

El fruto de *S. romanzoffiana* es drupáceo, ovoide, con ápice blanquecino y coloración amarilla a naranja cuando maduro (Fig. 2C). Posee un diámetro de  $1,9 \pm 0,1$  cm y una longitud de  $2,1 \pm 0,2$  cm. El epicarpio es liso, ceroso, el mesocarpio fibroso y el endocarpio leñoso. El fruto presenta de una a tres semillas. La pared del endocarpio se invagina hacia las semillas, causando que estas adquieran una forma irregular (Fig. 2D).

En sección transversal, el epicarpio está compuesto de una epidermis uniestratificada con células radialmente elongadas y paredes cutinizadas (Fig. 4A-B). Por debajo de la epidermis se observan varias capas de células conteniendo sustancias lipídicas (Fig. 4C). Se observa gran cantidad de haces de fibras con paredes lignificadas

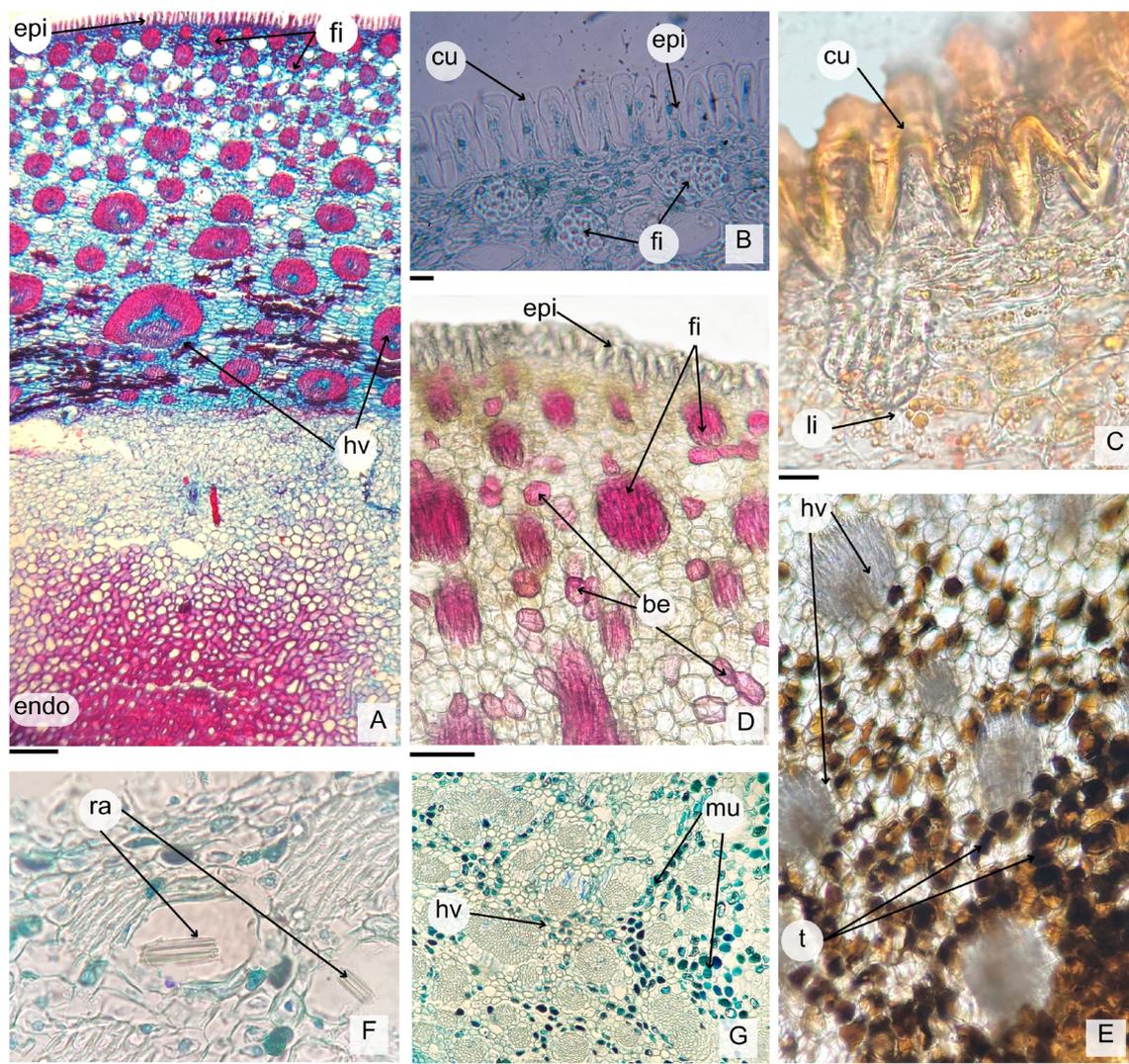
con estegmatas y haces vasculares rodeados con vainas esclerenquimáticas, dispersos por el mesocarpio (Fig. 4A, D). La longitud promedio de las fibras fue de  $2500 \mu\text{m}$ , y el porcentaje de tejido esclerenquimático fue del 45%. En el mesocarpio de *S. romanzoffiana* se observan además de las fibras, braquiesclereidas aisladas o en grupos, con un diámetro promedio de  $40 \mu\text{m}$  (Tabla 1; Fig. 4D). El mesocarpio está constituido por células parenquimáticas de distintos tamaños, idioblastos que contienen polifenoles o taninos (Fig. 4E) y rafidios de oxalato de calcio (Fig. 4F). Además, el parénquima mucilaginoso se localiza principalmente en el límite del mesocarpio con el endocarpio (Fig. 4G). El endocarpio está compuesto por braquiesclereidas y macrosclereidas de diferentes tamaños (Tabla 1).

#### Composición nutricional

El componente mayoritario presente en las pulpas de *B. yatay* y *S. romanzoffiana*, a excepción del agua, fueron los hidratos de carbono: el valor obtenido para *S. romanzoffiana* ( $37,3 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ) fue ampliamente superior al de *B. yatay* ( $11,4 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ ). El contenido de fibras fue de  $5,7 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  en *B. yatay* y  $9,8 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  en *S. romanzoffiana*, diferencia que podría justificarse por el mayor porcentaje de tejido esclerenquimático y la presencia de braquiesclereidas aisladas o en grupos observados en el mesocarpio de *S. romanzoffiana*.

**Tabla 1:** Caracteres cuantitativos de *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana*. Valores expresados como medias aritméticas con su correspondiente desvío estándar sobre 10 campos al azar. Pulpa: epicarpio y mesocarpio. Long: longitud, Lat: latitud.

		<i>B. yatay</i>	<i>S. romanzoffiana</i>
pulpa	Tejido esclerenquimático %	41	45
	Long. Haces ( $\mu\text{m}$ )	$310,7 \pm 80,9$	-
	Lat. Haces ( $\mu\text{m}$ )	$184,0 \pm 58,8$	$80,0 \pm 28,0$
	Long. Fibras ( $\mu\text{m}$ )	$3971,0 \pm 1036,5$	$2571,1 \pm 1155,7$
	Diámetro esclereidas ( $\mu\text{m}$ )	-	$40,2 \pm 7,3$
endocarpio	Long. Braquiesclereidas ( $\mu\text{m}$ )	$35,4 \pm 7,3$	$23,4 \pm 2,8$
	Long. Macrosclereidas ( $\mu\text{m}$ )	$75,2 \pm 14,5$	$57,4 \pm 13,6$



**Fig. 4:** *Syagrus romanzoffiana*. **A-E:** pericarpio en sección transversal. **A:** epicarpio, mesocarpio y endocarpio, coloración safranina fast Green. **B:** epidermis con cutícula y mesocarpio, prueba histoquímica con azul de cresilo (mucilagos). **C:** epidermis con cutícula y mesocarpio, prueba histoquímica sudan IV (lípidos). **D:** epicarpio y mesocarpio, prueba histoquímica fluoroglucinol (lignina). **E:** mesocarpio, prueba histoquímica con  $FeCl_3$  (taninos). **F-G:** epicarpio y mesocarpio, prueba histoquímica con azul de cresilo (mucilagos). Abreviaturas= be: braquiesclereidas; cu: cutícula; endo: endocarpio; epi: epicarpio; f: floema; fi: fibras; hv: haces vasculares; li: lípidos; meso: mesocarpio; mu: mucilagos; ra: rafidios; t: taninos; x: xilema. Escalas= A: 200  $\mu m$ ; B-C: 10  $\mu m$ ; D-G: 100  $\mu m$ ; E-F: 50  $\mu m$ .

La cantidad de materia grasa fue superior en *S. romanzoffiana*: 1,2 g 100 g<sup>-1</sup> y 0,9 g 100 g<sup>-1</sup> en *B. yatay*, coincidiendo con lo observado en los cortes coloreados con el reactivo de sudan IV, donde la presencia de sustancias lipídicas fue detectada

en el parénquima adyacente al epicarpio en *S. romanzoffiana* (Fig. 4).

El contenido proteico fue similar en ambos frutos: 1,3 g 100 g<sup>-1</sup> en *B. yatay* y 1,1 g 100 g<sup>-1</sup> en *S. romanzoffiana* (Tabla 2). Usando un factor

**Tabla 2:** Composición proximal de los frutos de *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana*. Valores expresados en g/100 g de fruta fresca. Humedad (AOAC 925.10); Materia Grasa (AOAC 920.85); Proteínas (AOAC 920.87); Contenido Mineral (AOAC 923.03); Fibra (AOAC 973.18); Carbohidratos por diferencia.

Componente (g/100 g de muestra)	<i>B. yatay</i>	<i>S. romanzoffiana</i>
Humedad	80	49,3
Materia grasa	0,9	1,2
Proteínas	1,3	1,1
Contenido mineral	0,6	1,3
Fibra	5,7	9,8
Hidratos de carbono	11,4	37,3
Calorías totales Kcal/100g	59	164,4

de conversión de 4 kcal g<sup>-1</sup> para las proteínas y 9 kcal g<sup>-1</sup> para los hidratos de carbono y lípidos, fue posible estimar el valor calórico de cada pulpa, siendo mayor para *S. romanzoffiana* (164,4 kcal

100 g<sup>-1</sup>) que para *B. yatay* (59,0 kcal 100 g<sup>-1</sup>).

Además, se observó alta variedad de ácidos grasos para los frutos de las dos especies estudiadas (Tabla 3). Los ácidos oleico (C18:1Δ9), palmítico

**Tabla 3:** Composición de ácidos grasos de los frutos de *Butia yatay* y *Syagrus romanzoffiana*.

Composición de ácidos grasos (cada 100 g de muestra)	Porcentaje	
Ácido graso	<i>B. yatay</i>	<i>S. romanzoffiana</i>
C6:0	3,6	-
C8:0 Ac. Caprílico	1,3	0,2
C10:0 Ac. Caprílico	0,4	0,1
C12:0 Ac. Láurico	1,8	0,2
C14:0- Ac. Mirístico	1,6	0,4
C15:0-	0,1	-
C16:0- Ac. Palmítico	20,8	30,5
C16:1- Ac. Palmítoleico	1,5	3,9
C17:0-	-	0,2
C18:0- Ac. Esteárico	1,1	4
C18:1Δ9 Ac. Oleico	33,4	38,3
C18:1Δ11- Ac. Vaccénico	3,9	4,1
C18:2- Ac. Linoléico	22,2	14,8
C18:3- Ac. Linolénico	7,6	1,8
C20:0- Ac. Araquídico	-	0,4
C22:0	0,2	0,2
C24:0	0,4	0,9

(16:0) y linoleico (C18:2) fueron los mayoritarios, con valores entre 14 % y 33 %.

El contenido de polifenoles de *B. yatay* (190 mg GAE 100 g-1) fue más bajo que en *S. romanzoffiana* (291 mg GAE 100 g-1). Si bien en las dos especies se detectaron taninos por reacción con  $\text{FeCl}_3$ , la ubicación en los mismos fue distinta: en *S. romanzoffiana* el parénquima conteniendo taninos se localizó en el mesocarpio interno, cercano al endocarpio (Fig. 4F), mientras que en *B. yatay* los taninos se observaron en el tejido parenquimático por debajo del epicarpio (Fig. 3B).

## DISCUSIÓN

Una característica anatómica distintiva en ambos frutos fue la presencia de casquetes de fibras fuertemente lignificadas y haces vasculares rodeados de amplias vainas esclerenquimáticas dispersos por el mesocarpio. Estos caracteres han sido reportados para distintas especies de Arecaceae en relación a su densidad, tamaño y posición y pudo demostrarse que varían a nivel de género (Roth, 1977; Essig & Hernández, 2002; Romanov, 2011). En el mesocarpio de *S. romanzoffiana* los haces de fibras y los haces vasculares rodeados de fibras son más numerosos, pero de menores dimensiones que los observados en *B. yatay*; además en *S. romanzoffiana* se observa la presencia de esclereidas de distintos tamaños, aisladas o en grupos, dispersas por el mesocarpio. Esta mayor presencia de elementos esclerenquimáticos coincide con los resultados obtenidos en el análisis proximal de las pulpas.

El contenido de fibra dietaria (celulosa y lignina) en *S. romanzoffiana* fue superior al de *B. yatay*. Al-Shahib & Marshall (2003), estudiaron el contenido de fibra de 14 variedades de *Phoenix dactylifera* L., y encontraron que el contenido variaba entre 6,4% - 11,5%, dependiendo de la variedad y del grado de maduración del fruto. Estos datos concuerdan con los obtenidos en *B. yatay* y *S. romanzoffiana*. El contenido de fibra dietaria de frutos de consumo más convencional como manzana, tomates o peras es de 2 g 100 g-1, 2,1 g 100 g-1 y 1,5 g 100 g-1, respectivamente (Central USDA, 2022), siendo valores más bajos que los encontrados en las especies estudiadas. Los altos valores de fibra dietaria determinados

en ambas especies constituyen una importante fuente nutricional. Más aún, el consumo de 100 g de pulpa de *S. romanzoffiana* aportaría aproximadamente el 40% del consumo de fibra diario necesario, y 100 g de pulpa de *B. yatay* aportaría el 23% de la ingesta diaria de fibra recomendada (ANVISA, 2012).

Los frutos de *B. yatay* y *S. romanzoffiana* presentaron epidermis uniestratificada con cutícula gruesa; las células epidérmicas de *S. romanzoffiana* son elongadas radialmente como reporta Roth (1977) para el epicarpio de *Cocos nucifera* L. En *S. romanzoffiana* se detectaron, además, sustancias lipofílicas en las células parenquimáticas subepidérmicas, lo cual puede relacionarse al mayor contenido de lípidos registrado para esta especie en comparación con *B. yatay*.

Por otro lado, en el pericarpio de *B. yatay* se observan células subepidérmicas con contenido mucilaginoso y con compuestos polifenólicos. Ventura *et al.* (2022) reportan mucílagos y polifenoles en posición subepidérmica en el pericarpio de *Butia capitata* (Mart.) Becc. pero se refieren a estas capas de células como tejido colenquimático.

En ambas especies se observaron idioblastos conteniendo taninos y/o polifenoles en los límites del mesocarpio con el endocarpio. El contenido de polifenoles totales en la pulpa de *B. yatay* (190 mg GAE 100 g-1) fue más bajo al obtenido para *S. romanzoffiana* (291 mg GAE 100 g-1). Habitualmente los frutos del género *Butia* son reconocidos por tener un contenido de compuestos fenólicos muy rico, con valores que van desde 265 a 402 equivalentes de ácido gálico (GAE 100 g-1) (Sganzerla *et al.*, 2010). Estos valores son elevados respecto a otros frutos de consumo masivo, como las frutillas (80 mg GAE 100 g-1) (Kähkönen *et al.*, 1999). Los valores de polifenoles totales registrados para frutos de distintas especies de palmeras mostraron ser muy dispares. Se han reportado valores desde 4,8 mg para los frutos de *Phoenix dactylifera*, hasta 293 mg y 493,6 mg para los frutos de *Butia odorata* y *B. capitata*, respectivamente (Biglari *et al.*, 2008; Beskow *et al.*, 2015). Esta variabilidad entre los resultados obtenidos para *B. yatay*, *S. romanzoffiana* y para otras especies de palmeras podrían deberse a diferencias ambientales, tanto del suelo como

climáticas, así como también a los estados de maduración del fruto al momento de su cosecha (Vayalil, 2012) Los compuestos fenólicos, que incluyen taninos, flavonoides, ácidos fenólicos y antocianinas, han demostrado ser un grupo importante de compuestos biológicamente activos presentes en distintos frutos (Koczka *et al.*, 2018). Además, los compuestos polifenólicos son ampliamente reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antialérgicas, antivirales, antiinflamatorias y vasodilatadoras (Pietta, 2000).

La presencia de rafidios de oxalato de calcio constituye un carácter de valor diagnóstico, ya reportado para distintas especies de Arecaceae (Reis, 2012; Sant' Anna-Santos, 2015). Roth (1977) informa sobre la presencia de estos cristales en los frutos de *Cocus nucifera* y otras especies de palmeras. También se ha informado su presencia en frutos de especies del género *Butia* (Romanov, 2011; Sant' Anna-Santos *et al.*, 2015; Ventura *et al.*, 2022), pero hasta ahora no habían sido confirmados en frutos de *B. yatay* o *S. romanzoffiana*.

Los estegmatas o cuerpos de sílice que acompañan las fibras en los mesocarpio de *B. yatay* y *S. romanzoffiana* también constituyen un carácter de valor diagnóstico y solo habían sido reportados por Roth (1977) en frutos de *C. nucifera*, en hojas de algunas especies de los géneros *Sabal* y *Allagoptera* (Zona, 1990; Antunes Defaveti *et al.*; 2015) y en las flabeladas Argentinas: *Copernicia alba*, *Trithrix campestris*, *T. biflabellata* y *T. schizophylla* (Guth, 1970)

El contenido proteico fue similar en ambos frutos, ligeramente superior al registrado para otros frutos tradicionales como peras (0,9 g 100 g<sup>-1</sup>) o tomates (0,8 g 100 g<sup>-1</sup>) (Central USDA, 2022).

El valor calórico de *S. romanzoffiana* es mayor que en *B. yatay* probablemente debido al mayor contenido de hidratos de carbono detectado en la primera especie.

Se observó gran variabilidad en la composición de ácidos grasos en ambas especies. Los ácidos palmítico (16:0), oleico (C18:1Δ9) y linoleico (C18:2) fueron los mayoritarios en las pulpas de los frutos de las dos especies y juntos superan el 70% del total de ácidos grasos presentes. Estos valores concuerdan con trabajos previos que reportan también altos valores de ácido oleico (28,9 % y 32,9%) palmítico (31,7% y 38,4%) y linoleico (29,4% y 22,3%) en frutos de *S.*

*romanzoffiana* y *B. odorata* respectivamente (Coimbra & Jorge, 2011; Ferrão *et al.*, 2013). Considerando el contenido de ácidos grasos insaturados totales, las pulpas de ambos frutos mostraron tener una composición rica en lípidos. La suma de ácidos insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) es superior a la de ácidos grasos saturados totales. Es destacable el contenido de ácidos linoléico y linolénico, especialmente en *B. yatay* (29,6%), debido a que los mismos son esenciales, no son sintetizados por los seres humanos y son precursores de los ácidos grasos de las series n-6 (omega 6 ) y n-3 (omega 3). Existe probada evidencia de que la ingesta de omega 3 y omega 6 disminuye los riesgos de desarrollar enfermedades coronarias y cáncer (FAO, 2010).

## CONCLUSIONES

El estudio anatómico e histoquímico de los frutos de *B. yatay* y *S. romanzoffiana* ha permitido correlacionar su estructura interna con su composición proximal y nutricional. Los resultados logrados en esta manera integral son el primer registro para ambas especies.

Los frutos de las especies analizadas demostraron ser una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados como el linoléico, linolénico y compuestos antioxidantes como taninos y polifenoles, en general. Debido a su valor nutricional, su abundancia y fácil obtención en áreas urbanas, el consumo de estos frutos debe ser alentado como fuente no convencional de nutrientes y compuestos bioactivos, importantes para el crecimiento, desarrollo y protección frente a diversas patologías.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores diseñaron y realizaron la investigación, así como en la redacción del manuscrito. MNC coleccionó el material de campo y consultó herbarios. EM realizó los ensayos histoquímicos y químicos y MNC los anatómicos e histoquímicos. El análisis de composición proximal fue realizado en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Cs. Bioquímicas y Farmacéuticas de la UNR.

## AGRADECIMIENTOS

A la Bioq. Regina Formigli por el análisis de composición proximal y a la Bioq. Mónica Hourcade del Laboratorio de Análisis de CG/EM de la UNR. Este trabajo fue financiado con fondos provenientes del Área de Ciencia, Tecnología e Innovación para el Desarrollo de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

## BIBLIOGRAFÍA

- AL-SHAHIB W. & R. J. MARSHALL. 2003. The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future? *Int. J. Food Sci. Nutr.* 54: 247-259. <https://doi.org/10.1080/09637480120091982>
- ANTUNES E DEFAVERI, A. C., C. FRANCA BARROS & R. DO CARMO DE OLIVEIRA ARRUDA. 2015. *Allagoptera arenaria* (Arecaceae): Leaf anatomy of a palm from the Brazilian shore. *Brittonia* 67: 336-349. <https://doi.org/10.1007/s12228-015-9384-2>.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 2012. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre informação nutricional complementar (Resolução RDC nº 54). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil.
- A.O.A.C. 2000. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 17th Ed. Nielsen. Nueva York, USA. <http://www.aocofficialmethod.org/>
- BARBOSA, M.C.D., Q. D. S. ROSA, L. D. M. CARDOSO, A. F. D. GOMIDES,... & M.A.S. VALENTE. 2021. Composition proximate, bioactive compounds and antioxidant capacity of *Butia capitata*. *Food Sci. & Technol.* 41: 763-764. <https://doi.org/10.1590/fst.26720>
- BESKOW, G. T., J. F. HOFFMANN, A. M. TEIXEIRA, J. C FACHINELLO. & C. V. ROMBALDI. 2015. Bioactive and yield potential of jelly palms (*Butia odorata* Barb. Rodr.). *Food Chem.* 172: 699-704. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.111>
- BIGLARI, F., A. F. ALKARKHI & A. M. EASA. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chem.* 107: 1636-1641. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.033>
- BLIGH, E. & W. DYER. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physio.* 37: 911-917. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- BONOMO, M. & L. E. CAPELETTI. 2014. Uso prehispánico de las palmeras *Syagrus romanzoffiana* y *Butia yatay* en el Nordeste argentino: aportes desde la etnografía y la biometría. *Rev. Mus. Antropol.* 7: 227-234.
- BOODLE, L. 1916. A method of macerating fibres. *Kew Bulletin Miscellaneous Inform.* 5: 108-110.
- Central USDA. 2022. FoodData Central, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#>
- COIMBRA, M. C. & N. JORGE. 2011. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Res. Int.* 44: 2139-2142. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.032>
- ESSIG, F. B. & N. HERNANDEZ. 2002. A systematic histological study of palm fruits. V. Subtribe Archontophoeniciae (Arecaceae). *Brittonia* 54: 65-71 [https://doi.org/10.1663/0007-196X\(2002\)054\[0065:AS HSOP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0007-196X(2002)054[0065:AS HSOP]2.0.CO;2) .
- FERRÃO, T. S., D. F. FERREIRA, D. W. FLORES, G. BERNARDI & R. WAGNER. 2013. Evaluation of composition and quality parameters of jelly palm (*Butia odorata*) fruits from different regions of Southern Brazil. *Food Res. Int.* 54: 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.002>
- FONSECA, R., L. M. RIBEIRO, M. O. SIMÕES, G. C. DE OLIVEIRA MENINO, F. M. DE JESUS & S. B. REIS. 2007. Morfometria da flor e inflorescência de *Butia capitata* (Mart) Becc. (Arecaceae) em diferentes fases de desenvolvimento, no cerrado de Montes Claros–MG. *Revista Brasileira de Bociências* 5: 657-659.
- ANTON A. M. & F. O. ZULOAGA (Dir.). Actualización continua. Flora Argentina, [online]. Disponible en: <http://buscador.floraargentina.edu.ar/species/details/9835> [Acceso: 20 junio 2023].
- FAO Food and agriculture organization of the United Nations. 2010. Fats and fatty acids in human nutrition, report of an expert consultation <https://www.fao.org/3/i1953e/i1953e00.pdf>
- GARCIA, R. 2010. Las Plantas de las calles de Rosario, [online]. Disponible en: <https://fcagr.unr.edu.ar/?p=13370>.
- GATTUSO, M. & S. GATTUSO. 2002. *Técnicas Histológicas en Material Vegetal*. UNR editora, Rosario.
- GUTH, E. 1970. La presencia de estegmatas en hojas de Palmas flabeladas Argentinas. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 13: 209-212.

- HARTMAN, L. & R. LAGO. 1973. Rapid determination of fatty acid methyl esters from lipids. *Lab. Practice* 22: 475-476.
- HOFFMANN, J., R. BARBIERI, C. ROMBALDI & F. CHAVES. 2014. *Butia* spp. (Arecaceae): an overview. *Sci. Hort.* 179: 122-131. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.08.011>
- KÄHKÖNEN, M., A. HOPIA, P. VUORELA, J. RAUHA... & M. HEINONEN. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.* 47: 3954-3962. <https://doi.org/10.1021/jf990146l>
- KOCZKA, N., STEFANOVITS-BÁNYAI & A. OMBÓDI. 2018. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species. *Medicines* 5: 84-87. <https://doi.org/10.3390/medicines5030084>
- LESCANO, C., I. DE OLIVEIRA, F. FREITAS DE LIMA, D. BALDIVIA, & J. SANJINEZ-ARGANDOÑA. 2018. Nutritional and chemical characterizations of fruits obtained from *Syagrus romanzoffiana*, *Attalea dubia*, *Attalea phalerata* and *Mauritia flexuosa*. *Food Measure.* 12: 1284-1294. <https://doi.org/10.1007/s11694-018-9742-3>
- LORENZI, G. & R. NEGRELLE. 2006. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart.: aspectos ecológicos. *Visão Acadêmica* 7:1-12.
- LORENZI, H., N. NOBLICK, F. KAHN & E FERREIRA. 2010. *Flora Brasileira: Arecaceae (Palmeiras)*. Plantarum, Nova Odessa [online]. Disponible en: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35944>
- MAGAÑA, A. & A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ. 2017. Estudio taxonómico de la familia Arecaceae en el municipio de Macuspana, Tabasco, México. *Kuxulkab'* 23: 5-15. <https://doi.org/10.19136/kuxulkab'.a23n47.2621>
- NOBLICK, L. 2017. A revision of the genus *Syagrus* (Arecaceae). *Phytotaxa.* 294: 180-188 <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.294.1.1>
- PEREZ, A. & V. TOMASI. 2002. Tinción con azul brillante de cresilo en secciones vegetales con parafina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 37: 211-215.
- PIETTA, P. 2000. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod.* 63: 1035-1042. <https://doi.org/10.1021/np9904509>
- REIS, S. M. MERCADANTE-SIMÕES & L. RIBEIRO. 2012. Pericarp development in the macaw palm *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). *Rodriguésia* 63: 541-549. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602012000300005>
- ROMANOV, M., M. BOBROV, D. WIJESUNDARA & E. ROMANOVA. 2011. Pericarp development and fruit structure in borassoid palms (Arecaceae–Coryphoideae–Borasseae). *Ann. Bot.* 108: 1489-1502. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr148>
- ROTH, I. 1977. *Fruits of angiosperms*. Gebrüder Borntrager, Berlin.
- SANT'ANNA-SANTOS, B., W. CARVALHO JUNIOR & V. AMARAL. 2015. *Butia capitata* (Mart.) Becc. lamina anatomy as a tool for taxonomic distinction from *B. odorata* (Barb. Rodr.) Noblick comb. nov (Arecaceae). *An. Acad. Bras. Ciênc.* 87: 71-81. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520130457>
- SCHWARTZ, E., J. C. FACHINELLO, R. L. BARBIERI & J. B. D. SILVA. 2010. Performance of populations of *Butia capitata* of Santa Vitória do Palmar. *Rev. Bras. Frutic.* 32: 736-745. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000089>
- SGANZERIA, M. 2010. Caracterização físico-química e capacidade antioxidante do butiá (Master's thesis, Universidade Federal de Pelotas) <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/123456789/1333>
- SINGLETON, V. & J. ROSSI. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic.* 16: 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- STRITTMATTER, C. 1979. Modificación de una técnica de coloración Safranina-Fast green. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 18: 121-122.
- TOMLINSON, P. B., HORN, J. W. & FISHER, J. 2011. *The Anatomy of Palms: Arecaceae - Palmae* (online edn, 2015) Oxford Academic. <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199558926.001.0001>
- VAYALIL, P. K. 2012. Date fruits (*Phoenix dactylifera* Linn): an emerging medicinal food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 52: 249-271. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.499824>
- VENTURA, J. M., H. C. MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, M. MERCADANTE-SIMÕES, P. LOPES, ... & L. RIBEIRO. 2022. Pericarp histogenesis and histochemistry during fruit development in *Butia capitata* (Arecaceae). *Protoplasma* 259: 1521-1539. <https://doi.org/10.1007/s00709-022-01749-y>
- WOLF, L., C. JEISERHARDT, D. SVENNING, H. KISSLING & H. BALSLEV. 2011. Geographical ecology of the palms (Arecaceae): determinants of diversity and distributions across spatial scales. *Ann. Bot.* 108: 1391-1416. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr146>

ZARLAVSKY, G. E. 2014. *Histología Vegetal: técnicas simples y complejas*. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires.

ZONA, S. 1990. A Monograph of Sabal (Arecaceae: Coryphoideae). *Aliso: A J. Syst. Floristic Bot.* 12: 4-2.

ZULOAGA, F. & O. MORRONE. 1996. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae)*. Missouri Botanical Garden, St. Louis.