

**CARACTERIZACIÓN MICROGRÁFICA
DE TRES FRUTOS TROPICALES, *Musa
paradisii* L., *Persea americana* Mill. y *Physalis
peruviana* L. IMPORTANCIA EN EL
CONTROL DE CALIDAD BOTÁNICO DE
ALIMENTOS DERIVADOS**

**MICROGRAPHIC CHARACTERIZATION
OF THREE TROPICAL FRUITS, *Musa
paradisii* L., *Persea americana* Mill. and
Physalis peruviana L., SIGNIFICANCE IN
THE DEFINITION OF BOTANICAL
QUALITY OF DERIVED FOODS**

Gimenez, L. A. S.; M. A. Rivas, N. D. Vignale y A. A. Gurni.

CARACTERIZACIÓN MICROGRÁFICA DE TRES FRUTOS TROPICALES, *Musa paradisii* L., *Persea americana* Mill. Y *Physalis peruviana* L. IMPORTANCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD BOTÁNICO DE ALIMENTOS DERIVADOS.

MICROGRAPHIC CHARACTERIZATION OF THREE TROPICAL FRUITS, *Musa paradisii* L., *Persea americana* Mill. AND *Physalis peruviana* L., SIGNIFICANCE IN THE DEFINITION OF BOTANICAL QUALITY OF DERIVED FOODS.

**CARACTERIZACIÓN MICROGRÁFICA DE TRES FRUTOS TROPICALES,
Musa paradisii L., *Persea americana* Mill. Y *Physalis peruviana* L.
 IMPORTANCIA EN EL CONTROL DE CALIDAD BOTÁNICO DE ALIMENTOS DERIVADOS.**

**MICROGRAPHIC CHARACTERIZATION OF THREE TROPICAL FRUITS,
Musa paradisii L., *Persea americana* Mill. AND *Physalis peruviana* L.,
 SIGNIFICANCE IN THE DEFINITION OF BOTANICAL QUALITY OF DERIVED FOODS.**

Gimenez, L. A. S.; M. A. Rivas,
 N. D. Vignale y A. A. Gurni.

CARACTERIZACIÓN
 MICROGRÁFICA DE TRES
 FRUTOS TROPICALES,
Musa paradisii L., *Persea
 americana* Mill. y *Physalis
 peruviana* L. IMPORTANCIA
 EN EL CONTROL DE
 CALIDAD BOTÁNICO DE
 ALIMENTOS DERIVADOS.

MICROGRAPHIC
 CHARACTERIZATION OF
 THREE TROPICAL FRUITS,
Musa paradisii L., *Persea
 americana* Mill. and *Physalis
 peruviana* L., SIGNIFICANCE
 IN THE DEFINITION OF
 BOTANICAL QUALITY OF
 DERIVED FOODS.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 51: 155-170. Enero 2021

DOI:

10.18387/polibotanica.51.10

L. A. S. Gimenez/ gimenezleila@fca.unju.edu.ar

*Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Jujuy (UNJu),
 Alberdi 47 (4600) S. S. de Jujuy, Jujuy, Argentina.*

*Instituto de Ecorregiones Andinas – INEEOA, Universidad Nacional de Jujuy –UNJu,
 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET.*

M. A. Rivas

*Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Jujuy (UNJu),
 Alberdi 47 (4600) S. S. de Jujuy, Jujuy, Argentina.*

N. D. Vignale

*Instituto de Ecorregiones Andinas – INEEOA, Universidad Nacional de Jujuy –UNJu,
 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET.*

A. A. Gurni

*Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), Universidad Nacional de Jujuy (UNJu)
 Alberdi 47 (4600) S. S. de Jujuy, Jujuy, Argentina.*

RESUMEN: Los frutos tropicales *Musa paradisii* L., “banana” (pseudobaya), *Persea americana* Mill., “palta” (baya) y *Physalis peruviana* L., “aguaymanto” (baya), se utilizan en la industria para diferentes usos, alimenticios, cosméticos, medicinales entre otros. El objetivo del presente trabajo fue definir el patrón de identificación micrográfico de los tres frutos tropicales. Se aplicó el método micrográfico cuyas técnicas fueron: a. disociado leve: el material se trató con solución de NaOH al 5% a 100 °C durante 5 min y luego de lavado con agua destilada fue observado al microscopio óptico; b. disociado fuerte para material leñoso con KOH al 10% a 100 °C, lavado con agua destilada y luego tratado con ácido crómico al 25% por 30 a 60 min.; c. raspado consiste en obtener parte del material (polvo o húmedo) con un elemento punzocortante; d. reacciones histoquímicas con Lugol para detectar almidón y Sudán III para lípidos. Se proponen como elementos de valor referencial los siguientes indicadores: para “banana” rafidios y granos de almidón simples, excéntricos y como elementos complementarios fibras; en “palta” braquiesclereidas, cristales poliédricos y gotas lipídicas; en “aguaymanto” microcristales, granos de almidón simples y compuestos, astroesclereidas de semillas; fibras y gotas lipídicas del fruto son complementarias. Los elementos aportados permiten emprender análisis de calidad botánica de productos derivados de los frutos de las especies estudiadas, para establecer su autenticidad y la presencia de contaminantes o adulterantes. Cabe destacar que la microscopía aplicada es un método científico que resulta ser adecuado para controlar y certificar alimentos procedentes de vegetales.

Palabras clave: micrografía, fruticultura tropical, banana, palta, aguaymanto.

ABSTRACT: The tropical fruits *Musa paradisii* L., “banana” (pseudobaya), *Persea americana* Mill., “Avocado” (berry), and *Physalis peruviana* L., “aguaymanto” (berry), are

used in the industry for different purposes, such as food, cosmetic and medicinal, among others. The aim of the present work was to define the micrographic identification pattern of these three tropical fruits. The micrographic method was applied, the techniques of which were: a. mild decoupling with 5% NaOH solution at 100 ° C for 5 min and observation under the light microscope after washing; b. strong decoupling for woody material with 10% KOH at 100 °C and then with 25% chromic acid for 30 to 60 min.; c. scraping with a sharp cutting element, taking part of the material (powder or wet) and observation; d. histochemical reactions with Lugol to detect starch and Sudan III for lipids. The following indicators are proposed as elements of referential value for “bananas”: raphidia and simple, eccentric starch grains and as complementary elements fibers; for “avocado”: brachisclereids, crystals and lipid drops; for “aguaymanto”: microcrystals, simple and compound starch grains, lipid drops, astrosclereids of seeds and fibers and lipid drops of the fruit as complementary features. These elements allow to undertake botanical quality analysis of products derived from the fruits of the studied species, establishing their genuinity and the presence of contaminants or adulterants. It should be noted that applied microscopy is a scientific method, which turns out to be an adequate to control and certify food from vegetables.

Key words: micrograph, tropical fruit growing, banana, avocado, aguaymanto.

INTRODUCCIÓN

Los controles de calidad en productos destinados al consumo (alimenticio o medicinal) son fundamentales para garantizar la salud de la población, siendo necesarios a lo largo de toda la cadena de producción y distribución (Shigler Siles, 2016).

Este trabajo se basa en el principio de que las farmacopeas ofrecen (FNA, 2013), en sus monografías de plantas medicinales, la descripción de las partes usadas en polvo, para poder así reconocerlas pese al grado de trituración, cuando la exomorfología se pierde (Vignale y Gurni, 2001; Varela *et al.*, 2014; Souto da Rosa *et al.*, 2015; Anconatani *et al.*, 2016; Acosta *et al.*, 2017; Gimenez *et al.*, 2019; Altamirano y Yajía, 2020).

Se analizan tres frutos tropicales desde el punto de vista micrográfico (WHO, 1998; Gurni, 2014), a fin de establecer cuáles son los caracteres que permiten lograr ese objetivo, tanto para la materia prima como para productos elaborados a partir de ella, en sus distintas etapas de comercialización. El Código Alimentario Argentino (CAA) no incluye estos aspectos y presenta el análisis de los alimentos según los métodos físico-químicos, microbiológicos y sensoriales clásicos (CAA, 2013). Por ello, los datos obtenidos y aquí presentados constituyen un aporte que complementa esos análisis.

La selección de las tres especies se realizó en función de su importancia en el contexto de la fruticultura regional, teniendo en cuenta que su producción y comercialización se realizan a diferentes escalas en la provincia de Jujuy, Argentina (Molina, 2016; Altendorf, 2018). Dos de ellos presentan elevada producción, *Musa paradisi* L., “banana” (pseudobaya) y *Persea americana* Mill., “palta” (baya), y el tercero se encuentra en etapa experimental, *Physalis peruviana* L., “aguaymanto” (baya).

En cuanto a los caracteres microscópicos que se consideran corresponden a dos tipos: a. celulares y b. acelulares. Dentro de los primeros, el tejido epidérmico con sus modificaciones (estomas y tricomas) es el más versátil. La presencia de esclereidas y de estructuras secretoras también es relevante, en tanto que la presencia de súber, de fibras, de radios floemáticos y de elementos xilemáticos (especialmente miembros de vaso) puede adquirir valor secundario. Esto dependerá del producto en estudio. Dentro de los caracteres acelulares, los más importantes son los granos de almidón, aunque se desnaturalizan con la temperatura elevada o pueden desaparecer según el grado de maduración del fruto, y los cristales (compuestos generalmente por oxalato de calcio). Las gotas de lípidos, los granos de aleurona y las concreciones de carbonato de calcio revisten valor secundario para este tipo de análisis (Cañigueral *et al.*, 1998; Vignale, 2001). Es necesario destacar que hay factores que pueden disminuir la detección de algunos elementos que poseen valor referencial. Por ello se debe ser prudente al momento de establecer la genuinidad de un producto o proceder a su rechazo. En este

sentido, la micrografía, que se puede considerar una rama de la Botánica Aplicada, resulta de gran valor a la hora de asegurar autenticidad, dado que permite establecer la presencia de posibles contaminaciones o adulteraciones (Flores, 2013; Varela *et al.*, 2014; Rivas, 2015; Souto da Rosa *et al.*, 2015; Anconatani *et al.*, 2016; Gimenez *et al.*, 2019; Altamirano y Yajía, 2017; 2020; Agudelo *et al.*, 2020; Rodríguez Carattoni, 2020). En contadas ocasiones sucede que la especie en análisis no produzca elementos que permitan su identificación. Aún así, puede resultar un dato importante para detectar contaminaciones o adulteraciones, en tanto y en cuanto los productos utilizados para ese fin contengan algún elemento observable (Vignale, 2002; Rivas *et al.*, 2009; Varela *et al.*, 2012).

Para visualizar estos elementos se recurre a diferentes técnicas. En general, los transcortes se descartan, por su laboriosidad, dado que en la industria se requiere el ahorro de tiempo y porque usualmente la preparación de productos elaborados, en los que el material vegetal se somete a trituración, no permite su realización. Se recurre al raspado o reducción a polvo, cuando el tamaño de las partículas lo permite, y a la obtención de disgregados de órganos. Sobre el polvo se pueden realizar reacciones químicas de caracterización (WHO, 1998; Gurni, 2014).

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Estudiado

Los frutos de *M. paradisii* (var. “Cavendish nanica”) fueron aportados por la Estación Experimental Yuto del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y adquiridos en el mercado Municipal de la ciudad de San Salvador de Jujuy. Los frutos de *P. americana* (var. “Hass”) provienen de la compra en el mercado central y los de *P. peruviana* (var. “Golden berry”) fueron proporcionados por pequeños productores locales que experimentan su cultivo en la provincia. Los frutos adquiridos se encontraban en el tipo tres (3) de maduración según el Art. 887 bis., del Código Alimentario Argentino (CAA, 2013). Se conservan en alcohol al 70% y se encuentran depositados en el Muestrario de Plantas Útiles (M-CBSyF) de la Cátedra de Botánica Sistemática y Fitogeografía de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNJu. De cada especie se adquirieron, o recibieron, diez (10) unidades al azar, es decir treinta (30) muestras en total (ver anexo I).

Metodología

Las técnicas se aplicaron diez (10) veces a cada uno de los frutos estudiados; del producto obtenido de cada aplicación se confeccionaron diez (10) preparados transitorios, dando un total de mil (1000) observaciones por especie analizada.

El procedimiento de análisis comprende las siguientes etapas:

1.- Confirmación de la identidad taxonómica del material

Mediante la comparación de las características de morfología externa de los frutos, coleccionados o adquiridos, con la información bibliográfica se confirma la identidad de la especie en estudio. Se utilizó una regla graduada en centímetros (cm) para tomar medidas al fruto y semillas, complementada con el auxilio de instrumental óptico (lupa) cuando fue necesario observar con mayor detalle elementos no perceptibles. Se toman fotos con cámara fotográfica Kodak AF 5X Optical Aspheric Lens. Esta descripción y las medidas tomadas permite la determinación de la especie y certifica la autenticidad de la materia en estudio.

2.- Método micrográfico

Se fundamenta en el análisis de los caracteres anatómicos y de los productos del metabolismo celular. Se aplicaron diferentes técnicas histológicas e histoquímicas basadas en D’ Ambrogio de Argüeso (1986), Gattuso y Gattuso (1999) y Gurni (2014).

a.- Técnica de disociado (o disgregado) leve: recomendado para el estudio de órganos herbáceos o constituidos por tejidos blandos. Consiste en tratar el material con solución acuosa de NaOH al 5%, a ebullición, durante 5 min., para luego lavar con agua destilada y observar al microscopio óptico. Se aplicó en epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

b.- Técnica de disociado fuerte (método de Boodle): se indica para tejidos leñosos. El material vegetal se trata con hidróxido de potasio al 10% y se mantiene a ebullición, durante 10 min; se lava con agua destilada y luego se somete a la acción de una solución de ácido crómico al 25% a

temperatura ambiente durante 30 a 60 min; se repiten varios lavados y se observa al microscopio óptico. Se aplicó a las semillas de “aguaymanto” debido a su presencia en productos derivados, en la industria alimentaria.

c.- Técnica de raspado: se practica directamente sobre el fruto fresco y consiste en raspar, con un elemento cortante, la superficie externa (cáscara) y la pulpa con o sin semillas, y colocar dicho material, suspendido en agua destilada, sobre un portaobjetos para su observación al microscopio óptico.

d.- Observación a la luz polarizada: se identifica la cruz de malta en los gránulos de almidón y los cristales de oxalato de calcio debido a la birrefringencia.

e. Técnicas histoquímicas:

e. 1. Caracterización de almidones: se realizó mediante el tratamiento del raspado de la muestra con solución yodiodurada 2% (Lugol), que tiñe los granos de color azul violáceo a casi negro. Se raspó una porción del material de estudio sobre un portaobjetos, se agregan 2-3 gotas de solución.

e. 2. Caracterización de lípidos: se realizó sobre el raspado de la muestra. Los lípidos se tornaron color rojo al reaccionar con Sudán III; posteriormente se eliminó el exceso de reactivo con alcohol al 70%.

f. Observación microscópica y registro fotográfico: las fotomicrografías se tomaron con cámara compacta de fotografía digital Canon, modelo Powershot A640, adosada a un microscopio triocular Carl Zeiss modelo Axioskop 2 Plus y para realizar las observaciones a la luz polarizada en un microscopio triocular Carl Zeiss modelo Axioskop 2 Plus, con cámara acoplada Moticam X2.

g. Selección de los parámetros micrográficos: Son los elementos relevantes que permiten reconocer la especie cuando la exomorfología se pierde (ver Introducción).

De cada especie se analizaron doscientas (200) fotomicrografías (veinte (20) aleatorias por fruto, seleccionando dos (2) por cada preparado transitorio, obteniendo una muestra sin repeticiones) a las cuales se les atribuyó el 100% de las observaciones. Con base en ellas se contabilizó el número de veces que un carácter se mantenía constante, es decir aparecía de forma repetida. Como medida arbitraria se consideró el $70\% \geq$ de su presencia en la totalidad de las fotomicrografías. Se descartaron aquellos que poseían porcentajes menores.

h. Medición: el registro del tamaño de los elementos de valor referencial se realizó por el programa ImageJ que está escrito en lenguaje de programación Java®. Se tomaron para cada carácter seleccionado treinta datos ($n=30$) de diferentes fotomicrografías, tres (3) fotografías aleatorias por cada fruto adquirido (una (1) por preparado transitorio), de las especies en estudio (Rasband, 2016). Se aplicó la varianza (σ^2), desviación estándar (DS) y el coeficiente de variación (CV) para establecer la uniformidad de los caracteres medidos.

RESULTADOS

Musa paradisi L. - “banana”

Los frutos miden entre 8-30 cm de largo y son de forma bacciforme, subcilíndrica, falcada y angulosa en sección transversal (fig. 1A). Con cáscara coriácea de color amarillo, sin semillas, con rudimentos seminales y “pulpa” carnosa de color blanco de olor característico (Priego *et al.*, 1996; León, 2000; Hurrell *et al.*, 2010). Los frutos corresponden a la variedad comercial “Cavendish nanica”.

2- Análisis micrográfico

En la cáscara se identifican células epidérmicas isodiamétricas con paredes externas engrosadas (fig. 1B), abundantes fibras de longitud variable, solitarias o agrupadas, anchas, aunque con paredes relativamente delgadas (fig. 1C).

Aparecen elementos xilemáticos espiralados (fig. 1D), también presenta conductos secretores dispuestos en cadena conteniendo oleorresinas (fig. 1E); los cristales aciculares formando agregados se encuentran contenidos en células generalmente alargadas de paredes delgadas (fig. 1F) y en algunos casos se identificaron cristales solitarios (45,74 μm de largo) debido a la ruptura de las células que lo contenían (fig. 2A).

La pulpa presenta fibras de paredes delgadas de longitud variable (fig. 2B), abundantes elementos xilemáticos espiralados (fig. 2C), células parenquimáticas de reserva, alargadas de paredes delgadas conteniendo abundantes granos de almidón de 35,6 μm de largo (fig. 2D), simples, ovalados cuyo hilo punteado es excéntrico y en aquellos de mayor tamaño se observa una superficie estratificada (fig. 2E). La cruz de malta se visualizó bien definida (fig. 2F).

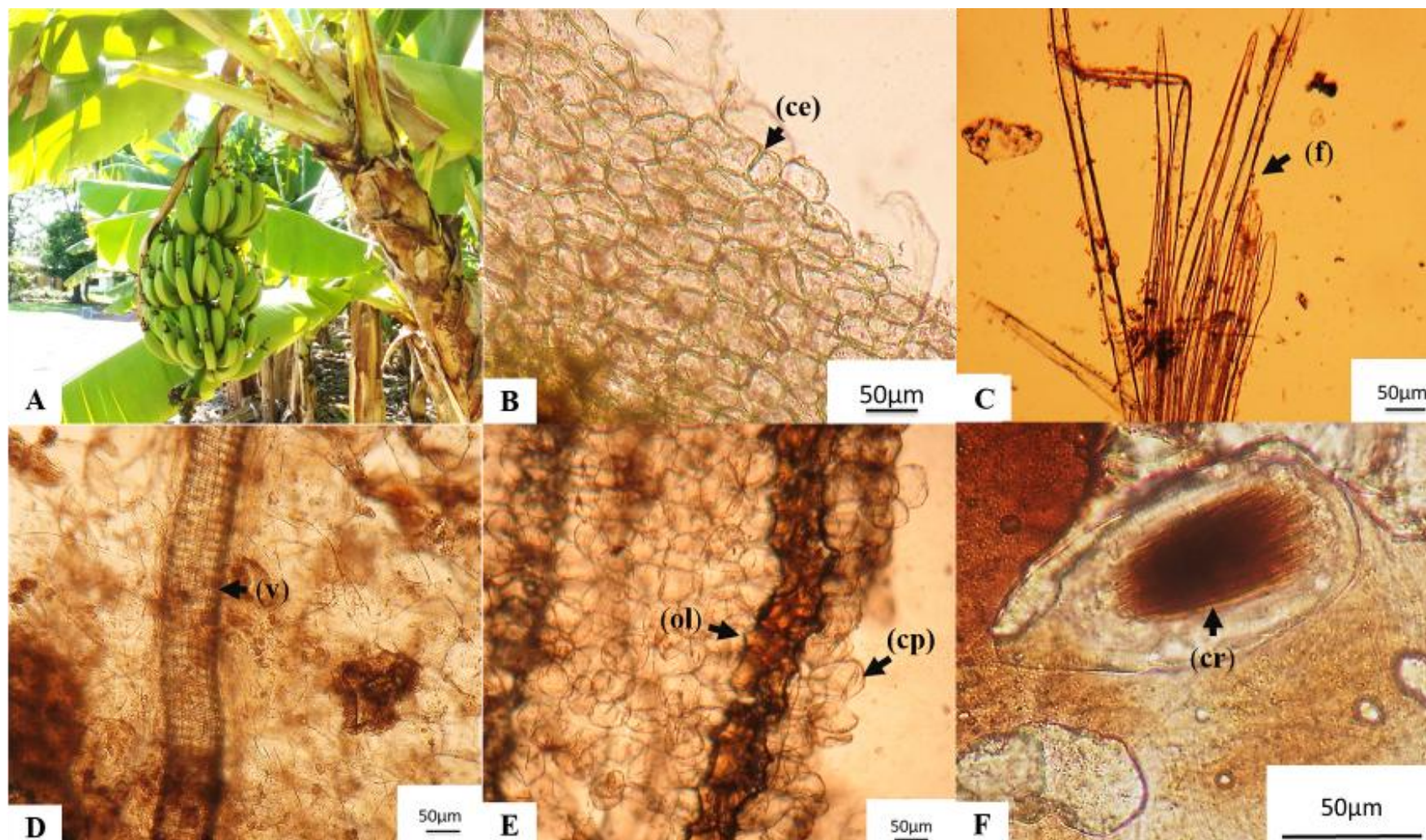


Fig. 1. *Musa paradisi* L. A. Planta en cultivo en INTA-Yuto. B. Epidermis del receptáculo (piel). Células (ce) de paredes engrosadas. C. Fibras (f) agrupadas de paredes delgadas. D. Restos de parénquima y miembros de vasos (v) espiralados (ver flecha). E. Células parenquimáticas (cp) y conductos secretores conteniendo oleorresinas (ol). F. Cristales (cr) aciculares formando agregados (ver flecha).

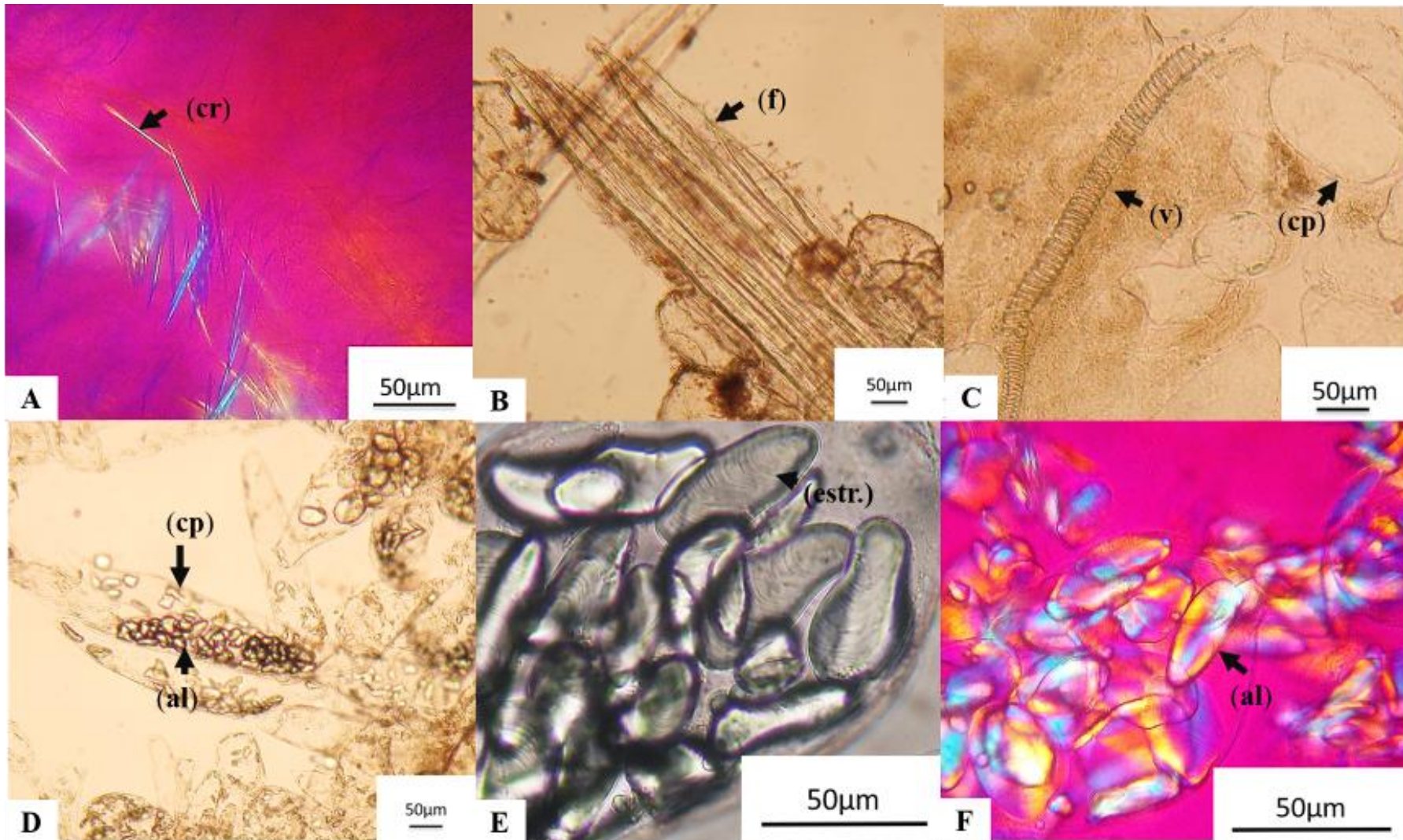


Fig. 2. *Musa paradisi* L. A. Confirmación de la presencia de rafidios (cr) de oxalato de calcio frente a luz polarizada (ver flecha). B. Pulpa. Extremos de fibras (f) con paredes delgadas (ver flecha). C. Restos de parénquima (cp) y miembros de vasos espiralados (v). D. Células parenquimáticas (cp) alargadas de paredes delgadas conteniendo amiloplastos (al). E. Granos de almidón simples, excéntricos de superficie estratificada (estr.) (ver flecha). F. Granos de almidón (al) sometidos a luz polarizada.

***Persea americana* Mill.** - “palta”, “aguacate”

El fruto mide entre 5-15 cm de longitud y contiene una sola semilla. El epicarpio (“piel” o “cáscara”) es verde oscuro de superficie lisa o rugosa, coriácea. El mesocarpio constituye la parte carnosa, que se conoce como “pulpa”, es aceitosa de color crema a verde amarillento. El endocarpio se presenta como una delgada capa de color marrón oscuro, que se extiende hasta cubrir la totalidad de la semilla; ambas son no comestibles, el tamaño de la última ocupa completamente el centro del fruto, variando entre 4-7 cm de diámetro (fig. 3A). Estos frutos corresponden a la variedad comercial Hass.

2. Análisis micrográfico

El epicarpio está conformado por células epidérmicas poligonales isodiamétricas, de paredes anticlinales lineales y delgadas y estomas del tipo anomocíticos (fig. 3B); algunas células parenquimáticas de reserva, contienen cloroplastos que se visualizan de color verde, en otros casos resinas. También se identifican braquiesclereidas, cortas de paredes engrosadas, con puntuaciones visibles y lumen amplio, que se observan aisladas o agrupadas (fig. 3C, D).

El mesocarpio presenta células parenquimáticas de paredes delgadas, algunas con abundantes lípidos (fig. 3E). Se aprecian numerosas braquiesclereidas, de paredes engrosadas con puntuaciones simples, lumen amplio y en algunos casos, aunque en menor proporción obliterado, solitarias o agrupadas (fig. 3F). Se observa la presencia de células parenquimáticas conteniendo oleoresinas (fig. 4A), abundantes elementos xilemáticos espiralados (fig. 4B) y cristales poliédricos (78,71 μm) en cantidad (fig. 4C, D). Se confirmó la presencia de gotas lipídicas que se tornaron de color naranja (fig. 4E). En endocarpio se visualizó una fina capa de células parenquimáticas de color marrón oscuras, aplanadas y alargadas de paredes sinuosas (fig. 4F).

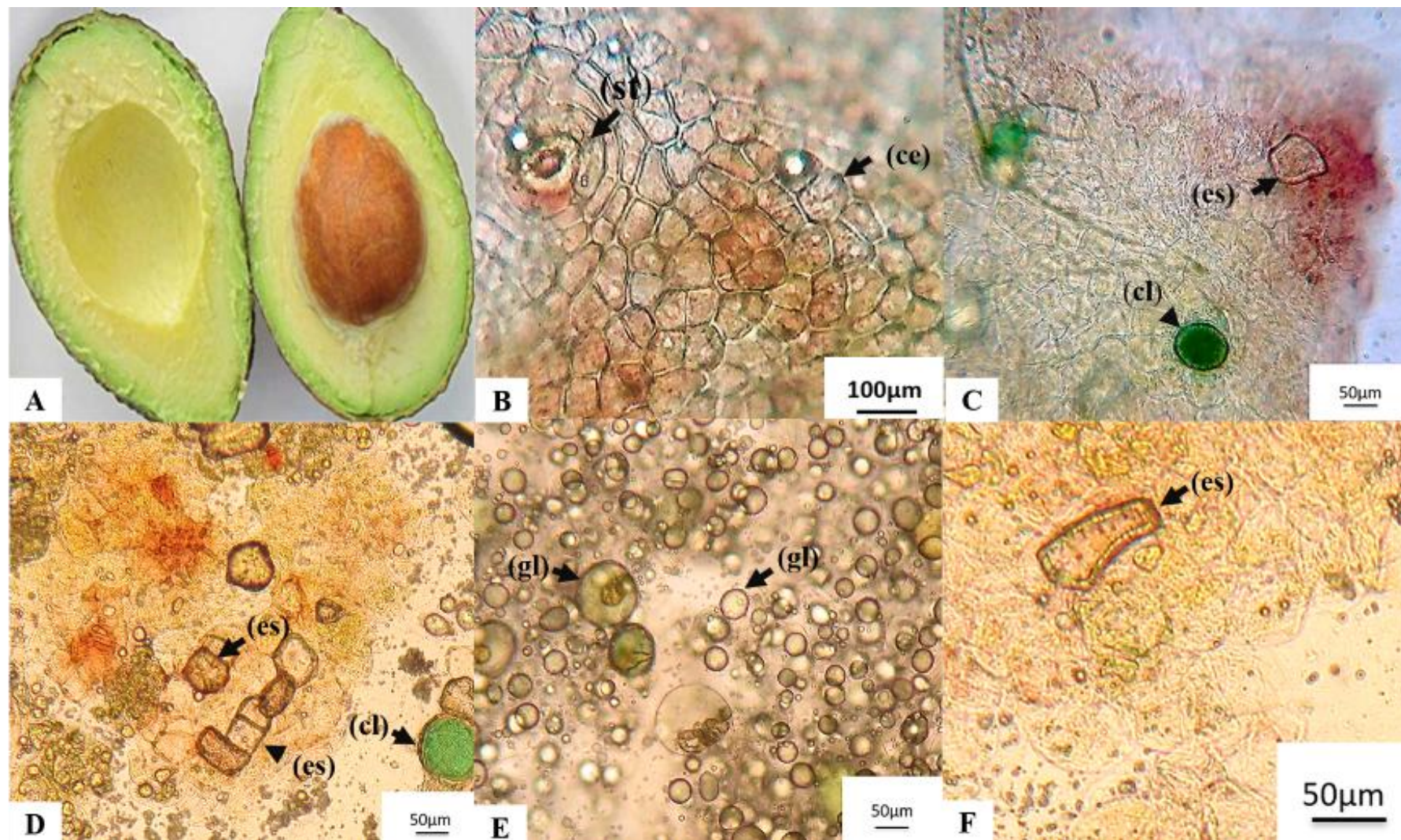


Fig. 3. *Persea americana*. A. Fruto maduro en sección longitudinal, mostrando una única semilla. B. Epicarpio. Células epidérmicas poligonales con estoma (st). C. Células epidérmicas poligonales conteniendo cloroplasto (cl) y braquiesclereida (es). D. Restos de parénquima, braquiesclereidas solitarias y agrupadas (es), cloroplasto (cl). E. Mesocarpio. Células parenquimáticas conteniendo gotas lipídicas (gl) ver flecha. F. Restos de parénquima, gotas lipídicas (gl) y braquiesclereida (es).

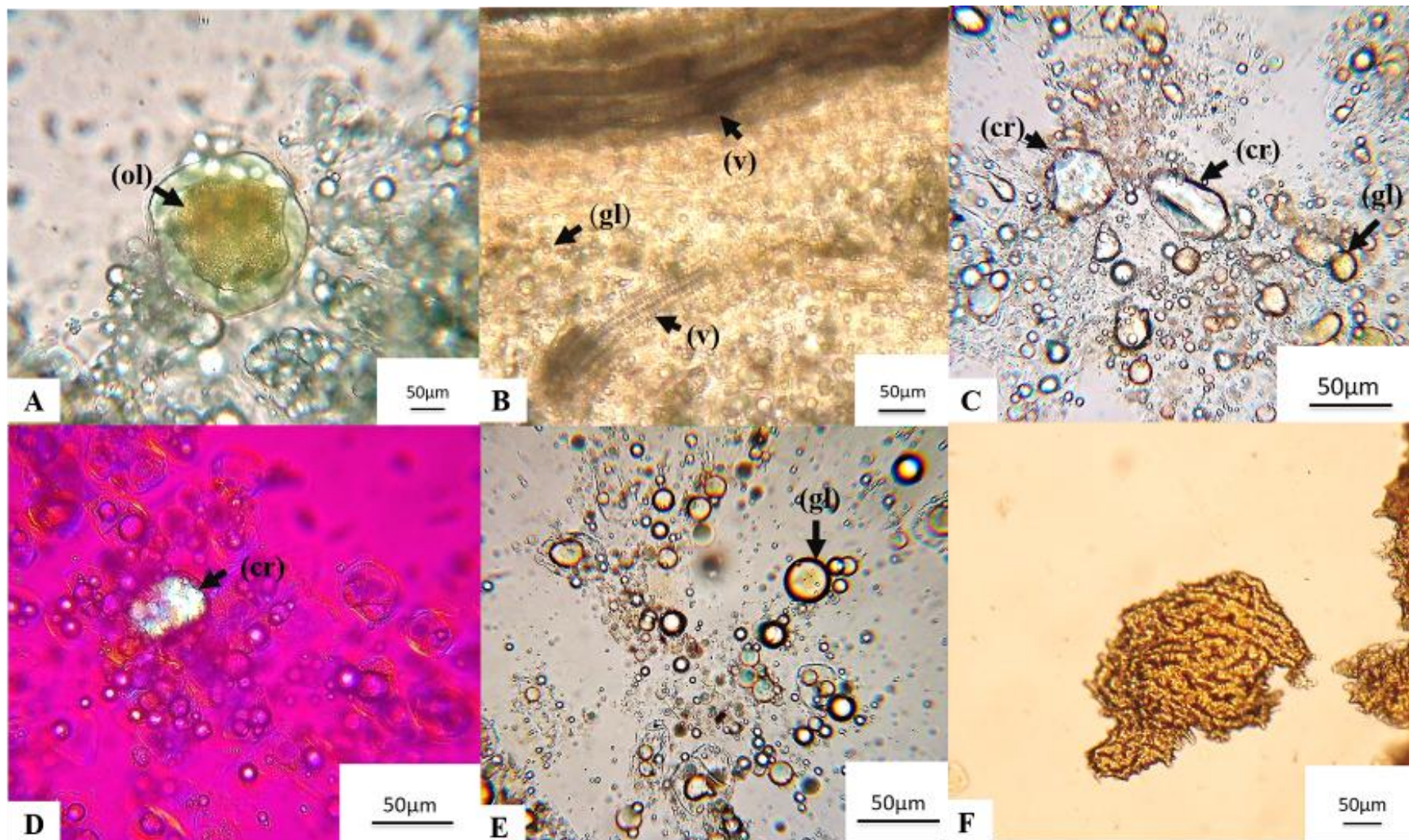


Fig. 4. *Persea americana*. A. Mesocarpio. Oleorresina (ol). B. Restos de parénquima, gotas lipídicas (gl) y miembros de vasos espiralados (v). C. Gotas lipídicas (gl) y cristales (cr) poliédricos (ver flechas). D. Confirmación de cristales de oxalato de calcio frente a luz polarizada (ver flecha). E. Gotas lipídicas (gl) teñidas de rojo (ver flecha). F. Endocarpio. Células aplanadas de paredes sinuosas.

***Physalis peruviana* L. - “aguaymanto”**

El fruto es una baya de hasta 3 cm de diámetro; contiene numerosas semillas, de 4-5 mm de diámetro (fig. 5A. B). El epicarpio (“piel” o “cáscara”) es de color naranja, liso, ceroso. El mesocarpio y endocarpio integran la “pulpa” de color amarillo, que provee un jugo ácido y aromático (Priego *et al.*, 1996; León, 2000; Hurrell *et al.*, 2010). Estos frutos corresponden a la variedad comercial “Golden berry”.

2- Análisis micrográfico

Se observan células epidérmicas de paredes anticlinales engrosadas y de contornos sinuosos (fig. 5C) provenientes del epicarpio. En mesocarpio y endocarpio se observan células parenquimáticas alargadas o esféricas de paredes engrosadas (fig. 5D), que contienen granos de almidón simples y compuestos formados por dos a tres unidades elipsoideos y/o esféricos, con hilo céntrico puntiforme, con una superficie homogénea (fig. 5E); se confirma su presencia al observarlos de color violáceo con solución de Lugol (fig. 5F); algunas células del parénquima contienen microcristales y además se observaron escasos cristales de mayor tamaño (fig. 6A). También se encuentran presentes abundantes gotas lipídicas en abundancia con tamaño variable (fig. 6B), numerosas fibras de paredes delgadas y longitud variable (fig. 6C) y elementos xilemáticos espiralados en cantidad (fig. 6D).

En las semillas se presenta la cubierta seminal, que en vista en superficie está formada por un estrato celular de astroesclereidas con paredes anticlinales sinuosas y lumen estrecho a obliterado, que evidencian su profundidad en vista lateral, la que permite observar en detalle las proyecciones irregulares (fig. 6E) y se confirma la presencia de las gotas lipídicas teñidas de color naranja a rojo (fig. 6F).

Se calcularon los tamaños promedios (μm) para elementos celulares de los tres frutos en estudio: en *M. paradisii*, rafidios y granos de almidón, en *P. americana*, esclereidas y cristales y en *P. peruviana* granos de almidón y esclereidas y se estableció su uniformidad a través de la desviación estándar y coeficiente de variación (Tabla 1).

Los resultados de la medición mostraron baja variabilidad para las muestras de los granos de almidón de “banana” y esclereidas y cristales de “palta”, mientras que las muestras de cristales pertenecientes a “banana” y amiloplastos y esclereidas de “aguaymanto” presentaron variabilidad moderada.

Las fibras, resinas y gotas lipídicas, de tamaños notablemente variados, por dicha razón no fueron consideradas en la tabla (1).

Por otro lado, las esclereidas se encontraron en el 82% de los preparados transitorios de los frutos de “palta” analizados. Los cristales, en el caso de la “banana”, se observaron en el 100% de los preparados; se consideran debido a que su cáscara es utilizada para mejorar estados de salud y en alimentos para celíacos. En fruto de “palta” se identificaron en el 75% y en “aguaymanto” en el 72% de las observaciones de los preparados. Los granos de almidón fueron identificados en el 100% de los preparados transitorios de “banana” y en el 90% de “aguaymanto”. Las fibras estaban presentes en un 85% en frutos de “banana” y en un 80% en “aguaymanto”. Las gotas lipídicas se visualizaron en un 100% de los preparados de la “palta” y en un 70% en “aguaymanto” (Tabla 2).

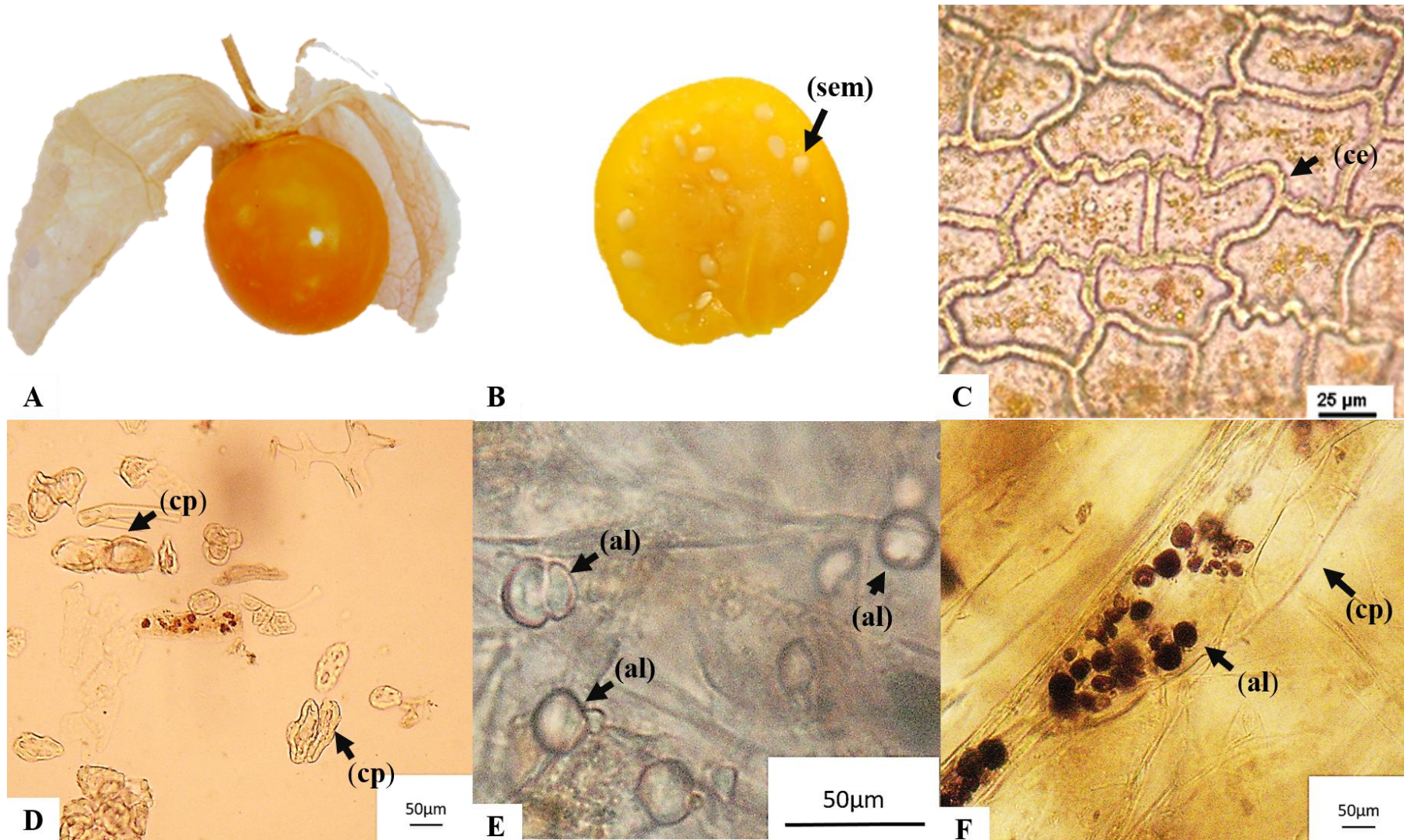


Fig. 5. *Physalis peruviana*. A. Fruto y cáliz acrescente. B. Fruto en sección longitudinal, mostrando las semillas. C. Epicarpio. Células epidérmicas con paredes anticlinales engrosadas y contornos sinuosos. D. Mesocarpio y endocarpio. Células parenquimáticas (cp) alargadas con paredes engrosadas (ver flecha). E. Granos de almidón simples y compuestos al máximo aumento (40x). F. Célula parenquimática de pared delgada conteniendo amiloplastos de color morado frente a reacción histoquímica (ver flecha).

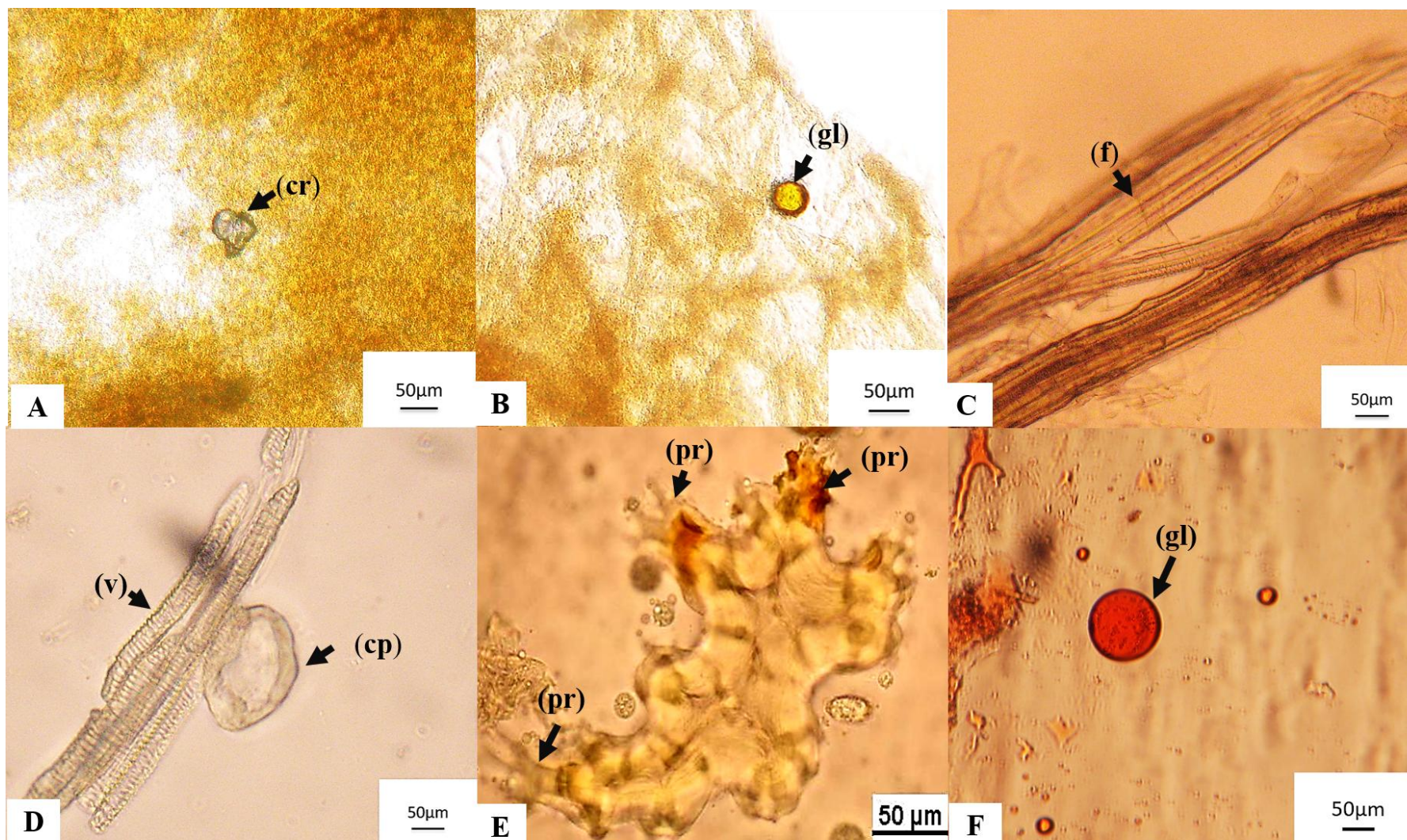


Fig. 6. *Physalis peruviana*. A. Mesocarpio y endocarpio. Restos de parénquima y cristal (cr). B. Restos de parénquima y gota lipídica (gl). C. Fibras (f) agrupadas de paredes delgadas. D. Miembros de vasos (v) espiralados y célula del parénquima (cp). E. Semilla. Vista en superficie, astroesclerida de paredes engrosadas, lumen obliterado de bordes sinuosos con proyecciones (pr). F. Gotas lipídicas (gl) rojas a naranja del parénquima frente a reactivo (ver flecha).

Tabla 1. Frutos de *M. paradisi*, *P. americana* y *P. peruviana*. Datos de parámetros. Promedio \pm desviación estándar y coeficiente de variación.

	<i>Musa paradisi</i>		<i>Persea americana</i>		<i>Physalis peruviana</i>	
	Rafidios	Granos de almidón	Esclereidas	Cristales	Granos de almidón	Esclereidas de semillas
Promedio de longitud (μm)	45,74	35,36	61,12	78,71	31,20	163,89
Promedio de ancho (μm)	-	16,8	-	-	-	109,2
Desv. estándar	12,53	6,95	12,37	12,67	8,95	48,74
C. V.	0,2739	0,1965	0,2025	0,1609	0,2871	0,2974

Tabla 2. Frutos de *M. paradisi*, *P. americana* y *P. peruviana*. Abundancia porcentual de parámetros.

	<i>Musa paradisi</i>			<i>Persea americana</i>			<i>Physalis peruviana</i>			
	Rafidios	Granos de almidón	Fibras	Cristales	Gotas lipídicas	Esclereidas	Cristales	Granos de almidón	Gotas lipídicas	Fibras
Abundancia en los preparados (%)	100	100	85	75	100	82	72	90	70	80

DISCUSIÓN

La micrografía aporta información relevante sobre los análisis basados en los caracteres anatómicos de las especies vegetales estudiadas, cuyo fin es establecer elementos de valor referencial, los únicos de naturaleza botánica que se mantendrán constantes durante el procesamiento o la elaboración de alimentos derivados cuando intervienen acciones mecánicas y térmicas, como se han visualizado en incontables trabajos que han establecido genuinidad o condición de contaminación o adulteración destacando la importancia de los estudios de esta índole (Cañigüeral *et al.*, 1998; Varela y Ricco, 2012; Rivas, 2015; Acosta *et al.*, 2017; Gimenez *et al.*, 2019).

En correspondencia con estudios de control de calidad (Varela y Ricco, 2012; Flores, 2013; Varela *et al.*, 2014; Rivas, 2015; Gimenez *et al.*, 2020; Rodríguez Carattoni, 2020) el uso de las diferentes técnicas aportadas por el método micrográfico permite establecer cuáles son los caracteres que constituyen una referencia única, específica y con una presencia constante para futuros controles de calidad.

Las obras de Valencia (1985), Priego *et al.* (1996), León (2000), Mazorra *et al.* (2006), Sumardi y Wulandari (2010), Thepsithar y Thongpukdee (2013), Rodrigues *et al.* (2014), Sunandar y Kahar (2017) y Oliveira Vilhena *et al.* (2019) presentan estudios de base botánico-anatómico sobre los frutos analizados, considerados desde la perspectiva botánica aunque no alimenticia, ni medicinal. Trabajos de Winton y Winton (1935; 1939) y Gassner (1973) que ya llevan más de 50 años desde sus publicaciones, venían abordando el concepto de ofrecer elementos referenciales para el diagnóstico, por lo que el presente trabajo en su totalidad los ha tomado como referencias de consultas insoslayables para la identificación del material vegetal adquirido. Existe un elevado número de trabajos de gran envergadura, que plantean el uso de elementos de valor referencial para diferentes especies (Vignale, 2002; Rivas *et al.*, 2009; Rivas, 2015; Anconatani *et al.*, 2016; Gimenez *et al.*, 2019; Gimenez *et al.*, 2020) que son utilizadas en la industria alimenticia como medicinal.

A continuación, se enumeran los elementos de mayor relevancia encontrados en cada uno de los frutos estudiados:

a. Banana. Los rafidios (en cáscara) y granos de almidón simples, con hilo excéntrico y superficie estratificada (pulpa) reportados con anterioridad por Winton y Winton (1935), Gassner (1973) y León (2000), se plantean como elementos de valor referencial a la hora de realizar controles de calidad en derivados como liofilizados o harinas para celíacos; la presencia de fibras resulta un complemento, pero no se considera relevante.

b. Palta. Se comercializan frescas o en preparaciones como smoothie en dietéticas y también aros deshidratados como lo menciona Hurrell *et al.* (2010). La identificación de los elementos anatómicos reportados por Winton y Winton (1935), Priego *et al.* (1996) y León (2000) se vio favorecida por la aplicación del método micrográfico (Gurni, 2014). Se consideran elementos de valor referencial las braquiesclereidas, los cristales poliédricos y la abundancia de lípidos. Los granos de almidón reportados no se detectaron en el presente estudio. La ausencia puede estar condicionada al grado de maduración del fruto, ya que se trabajó exclusivamente con frutos maduros listos para el consumo y probablemente la presencia de granos de almidón se deba a un estado de inmadurez previo y desaparecen cuando llegan a completar su punto de madurez.

c. Aguaymanto. Se encuentra como cultivo de experimentación en la provincia; aparecen productos derivados proveniente de otros países en una mínima cantidad ya que por el momento al parecer no existe una elevada demanda (Hurrell *et al.*, 2010). Se detectaron los caracteres anatómicos mencionados por Valencia (1985) a excepción de las drusas. El conjunto de elementos de valor referencial que se plantea para este fruto está comprendido por gotas lipídicas, fibras, microcristales, granos de almidón simples y compuestos, de superficie homogénea y en semillas astroesclereidas, ya que éstas últimas se encuentran permanentemente en los derivados de este fruto debido a su imposibilidad de separación. Las gotas lipídicas y las fibras se las considera elementos accesorios. Estos elementos referenciales resultan indispensables a la hora de realizar controles de calidad botánico como lo indican Vignale y Gurni (2001).

CONCLUSIONES

Tal como fuera planteado en los objetivos formulados para el presente trabajo, se han relevado y documentado tres frutos comercializados y utilizados como alimentos en la provincia de Jujuy, *M. paradisi*, *P. americana* y *P. peruviana*.

Se identificaron caracteres micrográficos en frutos de: banana, palta y aguaymanto, que sirven para asegurar la presencia de las especies estudiadas en productos para consumo y detectar posibles contaminantes, adulterantes o sustituyentes.

La propuesta plantea hacer uso de los datos que pueden brindar los elementos anatómicos de estos frutos, que se mantienen constantes durante la elaboración de productos derivados y que en su conjunto permiten su identificación.

La metodología utilizada para el estudio resulta ser simple, no onerosa, salvo la provisión del microscopio y adecuada para ser llevada a cabo tanto en laboratorios de complejidad media, como son generalmente los de organismos de control como también en los de la industria de los alimentos.

LITERATURA CITADA

- Acosta, M. E., Ladio, A. y Vignale, N. D. 2017. "Plantas medicinales comercializadas en la ciudad de San Salvador de Jujuy (Argentina) y su Calidad Botánica." *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 16(1): 34–52.
- Agudelo, I. J., Varela, B., Wagner, M. L. y Ricco, R. A. 2020. "Presencia de *Baccharis spicata* (Lam.) Baill. en muestras comerciales rotuladas como 'Carqueja' adquiridas en la ciudad Autónoma de Buenos Aires." *Dominguezia* 36(1): 25–29.
- Altamirano, C. G. y Yajía, M. E. 2017. "Improntas reveladora de caracteres micrográficos epidérmicos con aplicación en el control de calidad de plantas medicinales." *Dominguezia* 33(2): 33–36.
- . 2020. "Estudio farmacobotánico, etnofarmacológico y micrográfico de drogas vegetales utilizadas para las afecciones de mayor índice de mortalidad, comercializadas en la ciudad de

- Posadas, Misiones Argentina . I Parte.” *Dominguezia* 36(1): 17–24.
- Altendorf, S. 2018. *Special Features Minor Tropical Fruits Mainstreaming a Niche Market*. <http://www.fao.org/3/a-I8080e.pdf>.
- Anconatani, L., Varela, B., Ricco, R. y Wagner, M. L. 2016. “Parámetros Farmacobotánicos para el control de calidad de *Heteropterys glabra* (Malpighiaceae).” *Lilloa* 53(2): 1–12.
- Barrientos Priego, A. F., García Villanueva E. y Avitia García, E. 1996. “Anatomía del fruto de aguacate, ¿Drupa o baya?” *Revista Chapingo Serie Horticultura* 2(2): 189–98.
- Código Alimentario Argentino. [en línea]. 2013. Cap. I, II, V. [Consulta: 12 de mayo de 2020]. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>.
- Cañigueral, S., Vila, R. y Wichtl, M. 1998. *Plantas Medicinales y Drogas Vegetales Para Infusión y Tisana. 1º Edición Española. (Traducción de Edición Original: Teerdrogen: Ein Handbuch für Die Praxis Auf Wissenschaftlicher Grundlage)*. OEMF Internacional SRL. Española. Milán.
- D’ Ambrogio de Argüeso, A. 1986. *Manual de Técnicas En Histología Vegetal*. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Flores, E. 2013. “Aplicación de la micrografía comparativa para el control de calidad de especies hortícolas y productos derivados de la Quebrada de Humahuaca (Jujuy, Argentina).” Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy.
- Farmacopea Nacional Argentina [en línea]. 2013. 7ª edición. Volumen III. [Consulta: 02 de mayo de 2020]. http://www.anmat.gov.ar/webanmat/fna/pfds/Libro_Tercero.pdf.
- Gassner, G. 1973. *Mikroskopische Untersuchung Pflanzlicher Lebensmittel*. Gustav Fischer Verlag. 21 Deutschland.
- Gattuso, M. A. y Gattuso, S. J. 1999. *Manual de procedimientos para el análisis de drogas en polvo. 1º Ed.* RIPROFITO. Universidad Nacional de Rosario. Rosario. 1 REUN. AUGM. UNESCO. RIPROFITO
- Gimenez, L. A. S., Vignale, N. D. y Gurni, A. A. 2019. “Micrografía del fruto de Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) y su aplicación en calidad botánica alimentaria.” *ASAHO* 38(96): 6–19.
- Gimenez, L. A. S., Varela, B. G., Vignale, N. D. y Gurni, A. A. 2020. “Caracterización micrográfica del fruto de *Punica granatum* y su importancia en el control de calidad botánica.” *Dominguezia* 36(1–15).
- Gimenez, L. A. S., Vignale, N. D. y Gurni, A. A. 2019. “Calidad botánica de seis plantas andinas, condimenticias y medicinales, comercializadas en la ciudad de San Salvador de Jujuy, Argentina.” *Dominguezia* 35(2): 15–22.
- Gurni, A. A. 2014. *Técnicas Histológicas en investigación. El microscopio como auxiliar en control de calidad* En: Zarlavsky, G. E. Histología vegetal. Técnicas simples y complejas. Sociedad Argentina de Botánica, Buenos Aires, (7):135-140.
- Hurrell, J. A., Ulibarri, E. A., Delucchi, G. y Pochettino., M. L. 2010. *Frutas Frescas, Secas y Preservadas*. LOLA. Buenos Aires, Argentina.
- León, J. 2000. “*Botánica de los cultivos tropicales.*” 3ª edición ed. y aumentada. IICA. San José, Costa Rica. p. 522.
- Mazorra, M. F., Quintana, A. P., Miranda, D., Fischer, C., Valencia, M. y Chaparro, D. E. 2006. “Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae).” *Acta Biológica Colombiana* 11(1): 69–81.
- Molina, N. A. 2016. *La Producción de Frutas Tropicales: Panorama Mundial y En Argentina*. INTA. Corrientes. p. 1-19.
- Rasband, W. S. 2016. “*ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997-2016.*” <https://imagej.nih.gov/ij>.
- Rivas, M. A., Gurni, A. A. y Vignale, N. D. 2009. “Caracterización Micrográfica de *Solanum betaceum* Cav. (SOLANACEAE), un cultivo andino medicinal. En: Vignale, N. D. y Pochettino, M. L. (Eds.) Avances sobre plantas medicinales andinas. CYTED. S. S. de Jujuy. p. 205-229.
- Rivas, M. A. 2015. “Estudios micrográficos, nutricionales y funcionales de especies de cultivos andinos pertenecientes a las familias Solanaceae y Cucurbitaceae.” Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
- Rodrigues, Almendagna, F., Rodrigues Soares, J. D., Silva L. A. R, Penoni dos Santos, E., Pasqual, M., Pereira, F. J. y Castro, E. M. 2014. “Anatomy of vegetative organs and seed

Recibido:
16/julio/2020

Aceptado:
15/febrero/2021

- histochemistry of *Physalis peruviana* L.” *Australian Journal of Crop Science* 8(6): 895–900.
- Rodriguez Carattoni, M. A. 2020. “Calidad botánica de productos empleados en la elaboración de infusiones comercializados en San Salvador de Jujuy.” Tesis de Grado. Universidad Nacional de Jujuy. Argentina.
- Shigler Siles, W. K. 2016. “Evaluación de la calidad botánica y química de polifenoles de los productos comercializados como “Yerba Mate Aromatizada” en la ciudad de Buenos Aires.” Tesis de Maestría. Universidad de Buenos Aires.
- Souto, R., Numata, R., Marovic, M. E., Montenegro, J., Gurni, A. A., Rugna, A. y Bassols, G. 2015. “Análisis micrográfico y fitoquímico de muestras comerciales de ‘Canela”” *Dominguezia* 31(2): 11–15.
- Sumardi, I. y Wulandari, M. 2010. “Anatomy and morphology character of five Indonesian banana cultivars (*Musa* spp.) of different ploidy level.” *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity* 11(4): 167–75.
- Sunandar, A. y Kahar, P. A. 2017. “Morphology and Anatomy Characteristic of Pisang Awak (*Musa paradisiaca* Cv. Awak) in West Kalimantan.” *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education* 9(3): 579.
- Thepsithar, C. y Thongpukdee, A. 2013. “Comparative micro-morphology, anatomy and architecture of leaf of *Physalis*.” *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* 7(8): 806–10.
- Valencia de Ch. L. M. 1985. “Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.).” *Acta Biologica Colombiana* 1(2): 63–89.
- Varela, B. G., Bosco, P., Ganopol, M. J., Agostinelli, L. y Gurni, A. A. 2014. “Morpho-anatomical analysis for the quality evaluation in ‘Oregano’ commercial samples of Buenos Aires City (Argentina).” *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas* 13(1): 20–30.
- Varela, B. y Ricco, R. 2012. “Hojas de Olivo (*Olea europaea* – Oleaceae –) como adulterante en Oréganos (*Origanum* Spp – Lamiaceae –) comercializados en la Ciudad de Buenos Aires, Argentina.” *Dominguezia* 28(2).
- Vignale, N. D. 2002. “Relevamiento y análisis exomorfológico y micrográfico de plantas medicinales de la Puna y Prepuna Jujeñas, con especial referencia a la reserva de biosfera Laguna de Pozuelos. Tesis Doctoral.” Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- Vignale, N. D. y Gurni, A. A. 2001. “Diferenciación de especies equisetiformes utilizadas en medicina tradicional en la provincia de Jujuy, Argentina.” *Dominguezia* 17(1): 23–30.
- Vilhena de Oliveira, R., Marson, B. M., Budel, J. M., Amano, E., Messias Reason, I. J. T. y Pontarolo, R. 2019. “Morpho-anatomy of the inflorescence of *Musa × paradisiaca*.” *Revista Brasileira de Farmacognosia* 29(2): 147–51.
- Winton, A. L. y Winton, K. B. 1935. II *The structure and composition of foods. Volume II. vegetables and fruits*. John Wiley. New York.
- . 1939. IV *The structure and composition of foods. Volume IV. Sugar, Sirup, Honey, Tea, Coffee, Cocoa, Spices, Extracts, Yeast, Bacing Poder*. John Wiley. New York.
- World Health Organization (WHO). 1998. “*Quality control methods for medicinal plant material*. ” WHO Library Cataloguing in Publication Data. Geneve.

ANEXO I

Material estudiado

1- *Musa paradisi* L. Dpto. Libertador. Loc. Yuto. INTA, Gimenez L. A. S., 8-VIII-2016. M-CBSF 708; 4-VIII-2016. M-CBS 709; 4-VIII-2016. M-CBS 710; Dpto. Dr. Manuel Belgrano. Loc. S. S. de Jujuy. Mercado Central, 15-VIII-2016. M-CBS 711; 20- IX-2016. M-CBS 712; 20- IX -2016. M-CBS 713; 06-IX-2016. M-CBS 714; 06- IX-2016. M-CBS 715; 09-X-2016. M-CBS 716; 09-X-2016. M-CBS 717.

2- *Persea americana* Mill. Dpto. Dr. Manuel Belgrano. Loc. S. S. de Jujuy. Mercado Central, Gimenez, L. A. S., 8-IV-2017. M-CBSF 617; 8-IV-2017. M-CBS 618; 8-IV-2017. M-CBS 619; 15-V-2017. M-CBS 620; 20-V-2017. M-CBS 621; 20-V-2017. M-CBS 622; 9-VII-2017. M-CBS 623; 09VII-2017. M-CBS 624; 15-VII-2017. M-CBS 625; 15-VII-2017. M-CBS 626.

3- *Physalis peruviana* L. Dpto. Dr. Manuel Belgrano. Loc. S. S. de Jujuy. Productor local, Gimenez, L. A. S., 9-IX-2015. M-CBSF 657; 9-IX-2015. M-CBS 658; 9-IX-2015. M-CBS 659; 9-IX-2015. M-CBS 660; 9-IX-2015. M-CBS 661; 9-IX-2015. M-CBS 662; 15-X-2015. M-CBS 663; 15-X-2015. MCBS 664; 15-X-2015. M-CBS 665; 15-X-2015. M-CBS 666.