

Morfología comparativa de granos de polen de *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951 y *Citrus medica* (L.) 1853

Comparative morphology of pollen grains from *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951, and *Citrus medica* (L.) 1853

Evelyn Ventura-Aguilar¹
<https://orcid.org/0000-0002-7961-5547>

Anthony Iglesias-Sánchez¹
<https://orcid.org/0000-0003-1357-2043>

Agustín Martos Tupes²
<https://orcid.org/0000-0002-3834-1252>

José Mostacero León¹
<https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

Luz Argomado¹
<https://orcid.org/0000-0003-1716-9710>

Jaime Espinoza Carbajal¹
<https://orcid.org/0000-0003-1656-409X>

David Salirrosas¹
<https://orcid.org/0000-0003-2640-9376>

Zulita Adriana Prieto¹ 
<https://orcid.org/0000-0002-9782-1782>

¹ Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II, Trujillo 13008, Perú

² Departamento Académico de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Av. La Molina s/n, La Molina, Lima, Perú

Recibido: 29.11.2024

Aceptado: 03.03.2025

Publicado (en línea): 20.01.2026

Citación: Ventura-Aguilar, E.; A. Iglesias-Sánchez; A. Martos Tupes; J. Mostacero; L. Argomado; J. Espinoza; D. Salirrosas & Z. Prieto. 2024. Morfología comparativa de granos de polen de *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951 y *Citrus medica* (L.) 1853. *Arnaldoa* 31(3): 375 - 384.
<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.313.31306>

RESUMEN: La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar las características morfológicas diferenciales comparativas entre los granos de polen de *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951 y *Citrus medica* (L.) 1853, procedentes de Cajamarca y La Libertad, Perú. Se tomaron muestras de tallos y ramas con flores para la identificación taxonómica en el herbario "Truxillense" de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), y los estudios palinológicos en el laboratorio de Genética y Biología Molecular de la UNT, Trujillo, La Libertad, Perú. Se aislaron anteras dehiscentes de cada especie en estudio sobre una lámina portaobjetos, se tiñeron los granos de polen con safranina al 0,5% que fueron observados y fotografiados al microscopio óptico Olympus BX40 a un aumento de 100X, registrándose las características de ornamentación y valores para establecer forma, número, diámetro de poros y grosor de la exina. Los granos de polen en las especies estudiadas muestran exina reticulada, siendo predominantemente prolados-esferoidales, tetracolporados; con valores variables de P/E, grosor de exina y diámetro de poros entre especies y, aun, dentro de una misma especie, por lo que se afirma la existencia de gran variabilidad genética interespecífica e intraespecífica en el género *Citrus*.

Palabras clave: morfología del polen en *Citrus*; caracterización palinológica en *Citrus*, palinología; polen en especies de *Citrus*

ABSTRACT: The present research was carried out with the objective of determining the comparative differential morphological characteristics between the pollen grains of *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951 and *Citrus medica* (L.) 1853, from Cajamarca and La Libertad, Perú. Samples of stems and branches with flowers were taken for taxonomic identification in the "Truxillense" herbarium of the Universidad Nacional de Trujillo (UNT), and palynological studies in the Genetics and Molecular Biology laboratory of the UNT, Trujillo, La Libertad, Perú. Dehiscent anthers of each species under study were isolated on a slide sheet, the pollen grains were stained with 0.5% safranin and were observed and photographed under an Olympus BX40 optical microscope at a magnification of 100X, recording the ornamentation characteristics and values. to establish shape, number, diameter of pores and thickness of the exine. The pollen grains in the studied species show reticulated exines, being predominantly prolate-spheroidal, tetracolporate; with variable values of P/E, exine thickness and pore diameter between species and even within the same species, thus affirming the existence of great interspecific and intraspecific genetic variability in the *Citrus* genus.

Keywords: pollen morphology in *Citrus*; palynological characterization in *Citrus*, palynology; pollen in *Citrus* species



INTRODUCCIÓN

En el Perú, las especies más comunes de limón son *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, y *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951. Se cultivan de preferencia en costa norte y selva del Perú. Son frutos de gran importancia económica con una gran oferta y demanda en el mercado interno con alto potencial de exportación, por su empleo casi imprescindible en la alimentación humana diaria.

La especie *C. aurantifolia* o limón "Sutil", por su alto grado de acidez, es la más empleada en gastronomía, siendo importante en la preparación de refrescos y bebidas, ensaladas de verduras y frutas y, sobre todo, en el "ceviche", plato bandera peruano. La especie *C. latifolia* o limón "Tahiti" o limón "Persa", cuyo fruto es redondeado en la base, color verde y sin semillas, tiene potencial de producción todo el año en costa y selva de San Martín y Cusco, con grandes posibilidades de exportación gracias a las envidiables condiciones climáticas y la existencia de suelos adecuados para su cultivo (Hawkins y Reyes, 2022), tal como ocurre en Lambayeque, Piura, Ica y la Libertad, zonas de cultivo y producción, según SIICEX (2014), citado por Hawkins y Reyes (2022).

Por otro lado, *C. limón*, conocido como limón "Real" contiene un aceite con alternativa de uso como disolvente de gutapercha de uso endodóntico (Herrera et al., 2019). Agraria.pe (2024) pone de manifiesto que el limón Tahiti en los últimos años ha experimentado crecimiento, ocupando la tercera posición de exportación entre los cítricos el año 2023, concentrando su producción en Piura y Lambayeque, con menores áreas en Ancash, Lima e Ica, habiéndose exportado US\$ 30 millones el año 2023, principalmente a Estados Unidos, seguido de Chile, Reino Unido, Panamá, República Dominicana, Costa Rica, Guatemala, Honduras y Canadá. Por otro lado, Ibáñez et al. (2015), refieren que *C. medica*, cidro o cidra, produce frutos de uso medicinal de corteza gruesa, rugosa y de color amarillo o verde, con gajos muy ácidos, usándose la corteza de los frutos en la fabricación de confituras y licores. En esta misma línea, se mencionan el alto contenido de flavonoides en la cascara de *C. medica* y otros cítricos (Bhuiyan et al. 2009; Ordoñez et al., 2018). Además, manifiestan, que la mayoría de especies de cítricos que se cultivan en la actualidad tienen un origen híbrido.

La clasificación taxonómica de los cítricos es particularmente compleja debido a la alta compatibilidad sexual entre especies, lo que facilita la formación de híbridos fértiles (Ollitrault et al., 2020; Bassene et al., 2009). Esta complejidad se ve incrementada por la autoincompatibilidad presente en varias especies, probablemente como resultado de alteraciones cromosómicas que generan inviabilidad gamética y promueven la formación de embriones nucleares (Raghvanshi, 1962). Además, la recombinación genética de secuencias de ADN entre especies durante la gametogénesis, junto con una tasa significativa de mutación, da lugar a similitudes y divergencias en los genomas (Gallego-Colonia et al., 2017). Otro factor de variabilidad genética es la variación en la ploidía entre especies de cítricos (Gmitter et al., 2012). En consecuencia, la agrupación de especies dentro del género *Citrus*, basada en características morfológicas y pruebas de ADN, presenta divergencias significativas.

Mediante análisis filogenéticos basados en técnicas moleculares de ADN de cloroplasto (cpDNA) en genotipos de los subgéneros *Citrus* y *Papeda*, se identificó a *C. aurantifolia* dentro del grupo *Citron*, apoyado por la parsimonia en las pruebas RAPD y SCAR de ADN nuclear; sin embargo, el análisis filogenético basado en cpDNA reagrupa a *C. aurantifolia* en el grupo *Micrantha*, mostrando una estrecha relación génica con *C. micrantha* (Nicolosi et al., 2000). *C. citrus* ("limón") se originaría de un cruce interespecífico entre *C. aurantium* y *C. medica*, mientras que *C. aurantifolia* provendría de un cruce entre *C. micrantha* y *C. medica*, según estudios basados en secuencias de ADN mitocondrial (Ibáñez et al., 2015).

Investigaciones de polen en muestras de sedimentos y musgos de la cuenca del Mar Piccolo, en Italia (Niccolini y Bertini, 2023), identificaron *Citrus medica* y *Citrus aurantium* con granos de polen de tipo simple, tetracolporado y con exina microreticulada, aunque en *medica* la forma es esferoidal, mientras que en *aurantium* es oblado. Estudios similares en *Citrus* se han llevado a cabo en Iraq (Al-Anbari et al., 2015) y Egipto (Taia et al., 2019).

Baño et al. (1993), en *Citrus limon* cv. Verna, determinaron en España que los granos de polen son subprolato-prolato, isopolares, y de tamaño medio-largo, exina foveolada tendiendo a reticulada, tectados con tectum microperforado, elipsoidales en vista meridional y ángulo-perturados en vista polar, con tres tipos de área polar: tetracolporados, pentacolporados o hexacolporados, dejando entrever que la longitud de los granos y la longitud de los colpos pueden ser una característica interesante para distinguir las diferentes especies de *Citrus* y los cultivares de *C. limon*.

En Perú, la morfología de los granos de polen en limonero se describe en la especie *Citrus limon* (Saavedra-Carhuatocto et al., 2014), quedando abierta la necesidad de mayores estudios sobre las características de los granos de polen que puedan dar aportes a la identificación taxonómica y mejoramiento genético de los cítricos.

En la necesidad de conocer la morfología del polen en cítricos y enriquecer la palinología de especies vegetales nacionales para su aplicación en taxonomía botánica y estudios melisopolinológicos, en Perú, se realizó la presente investigación con el objetivo de determinar las características morfológicas diferenciales comparativas entre los granos de polen de *Citrus aurantifolia* (Christm.) Single 1913, *Citrus limon* (L.) Osbeck 1765, *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka 1951 y *Citrus medica* (L.) 1853.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se colectaron ramas, hojas, flores y frutos de *Citrus aurantifolia*, *Citrus limon*, *Citrus latifolia* y *Citrus medica*. *C. aurantifolia* se colectó en Paján-La Libertad, Cajamarca-Cajamarca y Trujillo-La Libertad, *C. limon* se obtuvo en Cajamarca en las localidades de "El Palto" y "El Carrizo", *C. latifolia* fue colectado en Paján-La Libertad, mientras que *C. medica* se colectó en los jardines de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Trujillo-La Libertad. El material colectado fue enviado al Herbarium Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo (H.U.T.), donde se procedió a su determinación taxonómica mediante la comparación

con los registros presentes en dicha institución. Además, se recurrió a fuentes de literatura especializada en la flora peruana, como Mostacero *et al.* (2009) y Brako & Zarucchi (1993). Es relevante mencionar que también se llevó a cabo la actualización de los nombres científicos de las especies de flora, utilizando recursos en línea como Trópicos, Welcome to the International Plant Names Index (IPNI) y World Flora Online (WFO).

Las especies de limón estudiadas en la presente investigación son árboles de 3 a 5 metros con tronco de textura áspera y corteza cuarteada, hojas de estructura firme y venación cerrada, espinas situadas justo por encima de los nudos, y flores y frutos, organizados en racimos, con color y tamaño variables, según especie o variedad.

Citrus aurantifolia o limón "Sutil" (Figura 1. A, B y C) presenta flores blancas presentes en racimos de 6 con 4 y 5 pétalos y número variable de anteras, en tanto que el fruto maduro es de coloración verde-amarillo, de tamaño pequeño (3.76 ± 0.98 cm de diámetro) y de cáscara lisa muy delgada (1.5 ± 0.7 mm), presentando internamente de 9 a 11 gajos de tonalidad clara con abundante jugo en los genotipos de Paiján y Trujillo, cualidad que no se observa en el fruto del genotipo de Cajamarca que, además, presenta cáscara gruesa, significativamente mayor respecto al genotipo de Paiján.

Citrus limon o limón "Real" (Figura 1. D y E) en el genotipo de "El Palto", presenta frutos con valores de 10.30 ± 2.4 cm de longitud, 9.60 ± 1.82 cm de ancho, y 10 ± 0.9 mm de grosor de cáscara que, además, presenta protuberancias en su superficie; mientras que el fruto del genotipo de "El Carrizo" es significativamente más pequeño con 4,1 cm de largo, 3,85 cm de ancho y 2.4 ± 0.8 mm de grosor de cáscara.

Por su parte, ***Citrus latifolia*** o limón "Tahiti" (Figura 1. F) presenta anteras sin granos de polen, aunque, en ciertos casos, hay escasa presencia, habiéndose encontrado solo 5 granos de polen en 10 flores, en tanto que los frutos son de tonalidad verde con 4.32 ± 1.1 cm de longitud, cáscara gruesa de 3.8 ± 0.9 mm, y no presentan semillas.

Citrus medica o limón "Cidra" (Figura 1.G) tiene flores con 5 a 7 pétalos y abundante polen en las anteras. Fruto de superficie rugosa, diámetro del tamaño del fruto maduro es de 8 a 11 cm. Ancho del mesocarpo entre 7 a 9 mm. Ausencia de peciolo alado, aroma a lima.

El procesamiento y caracterización morfológica de los granos de polen se realizó en el laboratorio de Genética y Biología Molecular de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT), Trujillo, La Libertad, Perú. Para ello, sobre una lámina portaobjetos, con la ayuda de estiletes, y bajo un estereoscopio a 2,5X se aislaron anteras de 10 flores en estado dehisciente de cada especie en estudio. Los granos de polen, en el portaobjetos, fueron teñidos con safranina al 0,5%, y, luego, sobre el material teñido se puso una laminilla cubreobjetos para realizar observaciones al microscopio óptico Olympus BX40 a un aumento de 100X. Se tomaron vistas fotográficas que fueron procesadas digitalmente para, luego, ser pasadas a escala de grises a fin de optimizar la nitidez de las estructuras de los granos de polen. Se registraron las dimensiones de los diámetros en vista polar (P)

y ecuatorial (E), y se estimó la relación P/E para establecer la forma del grano de polen (Erdman, 1986), determinándose, además, el número de aperturas y la ornamentación de la exina (Mondragon, 2006).

RESULTADOS

Los resultados, de manera consolidada, se presentan en la Tabla 1, y en las figuras 2, 3 y 4.

***C. aurantifolia* o limón "Sutil" (Tabla 1)**

Los granos de polen de *C. aurantifolia* procedentes de muestras tomadas en Paiján-La Libertad tienen forma prolado esferoidal, variando en número de aperturas por lo que se puede encontrar granos tetracorporados, pentacorporados y hexacorporados, predominando los primeros; la ornamentación de la exina es reticulada (Figura 2, A-C), mientras que el diámetro del grano de polen es de 24.46 ± 3.47 μ m en vista ecuatorial, y de 27.85 ± 4.65 μ m en vista polar, siendo la relación P/E de 113.38, con un grosor de exina de 1.47 ± 0.29 μ m y el diámetros del poro de 4 ± 0.34 μ m.

En *C. aurantifolia* de Trujillo-La Libertad, los granos de polen presentan forma prolado esferoidal, siendo, por las aperturas, tetracorporado en un 85% y pentacorporado en un 15%; la ornamentación de la exina es reticulada (Figura 2, D-F), con un diámetro en vista ecuatorial de 30.31 ± 5.49 μ m, y en vista polar de 30.45 ± 1.96 μ m, resultando un P/E de 100.47, mientras que el grosor de la exina es de 1.35 ± 0.29 μ m y el diámetro del poro alcanza 2.12 ± 0.462 μ m.

Los granos de polen de *C. aurantifolia* de San Pablo-Cajamarca presentan forma prolado esferoidal, con variación en el número de aperturas, encontrándose granos tetracorporados y pentacorporados; la ornamentación de la exina es reticulada con una depresión en la zona de apertura (Figura 2, G-I), siendo el diámetro del grano de polen en vista ecuatorial es de 36.86 ± 2.82 μ m y en vista polar, de 38.46 ± 5.38 μ m, con una relación P/E de 104.34, con un grosor de exina de 1.3 ± 0.42 μ m y un diámetro de poro de 3.66 ± 0.91 μ m.

***Citrus limon* o limón "Real" (Tabla 1)**

Los granos de polen de *C. limon* procedente de la localidad de "El Palto", Cajamarca, tienen forma prolado esferoidal y tetracorporado, siendo la exina reticulada (Figura 3, A-D). El diámetro en vista ecuatorial es de 30.28 ± 4.99 μ m y en vista polar de 31.84 ± 4.32 μ m, con una relación P/E de 105.18. El grosor de la exina es de 1.35 ± 0.29 μ m, y el diámetro del poro es de 1.79 ± 0.71 μ m. Por otra parte, los granos de polen en la misma especie procedente de "El Carrizo", Cajamarca, presenta, en general, características morfológicas similares al polen de "El Palto" tales como la forma que es prolado esferoidal, el número de poros que lo califica como tetracorporado, y el diámetro que alcanza en vista ecuatorial 30.58 ± 3.25 μ m y 33.43 ± 2.17 μ m en vista polar que determinan una relación P/E de 109.33; además del grosor de la exina de 1.53 ± 0.38 μ m, con un diámetro de poro de 1.54 ± 0.43 μ m; sin embargo, presentan notorias diferencias en la ornamenta de la exina, con mayor profundidad en el cribado

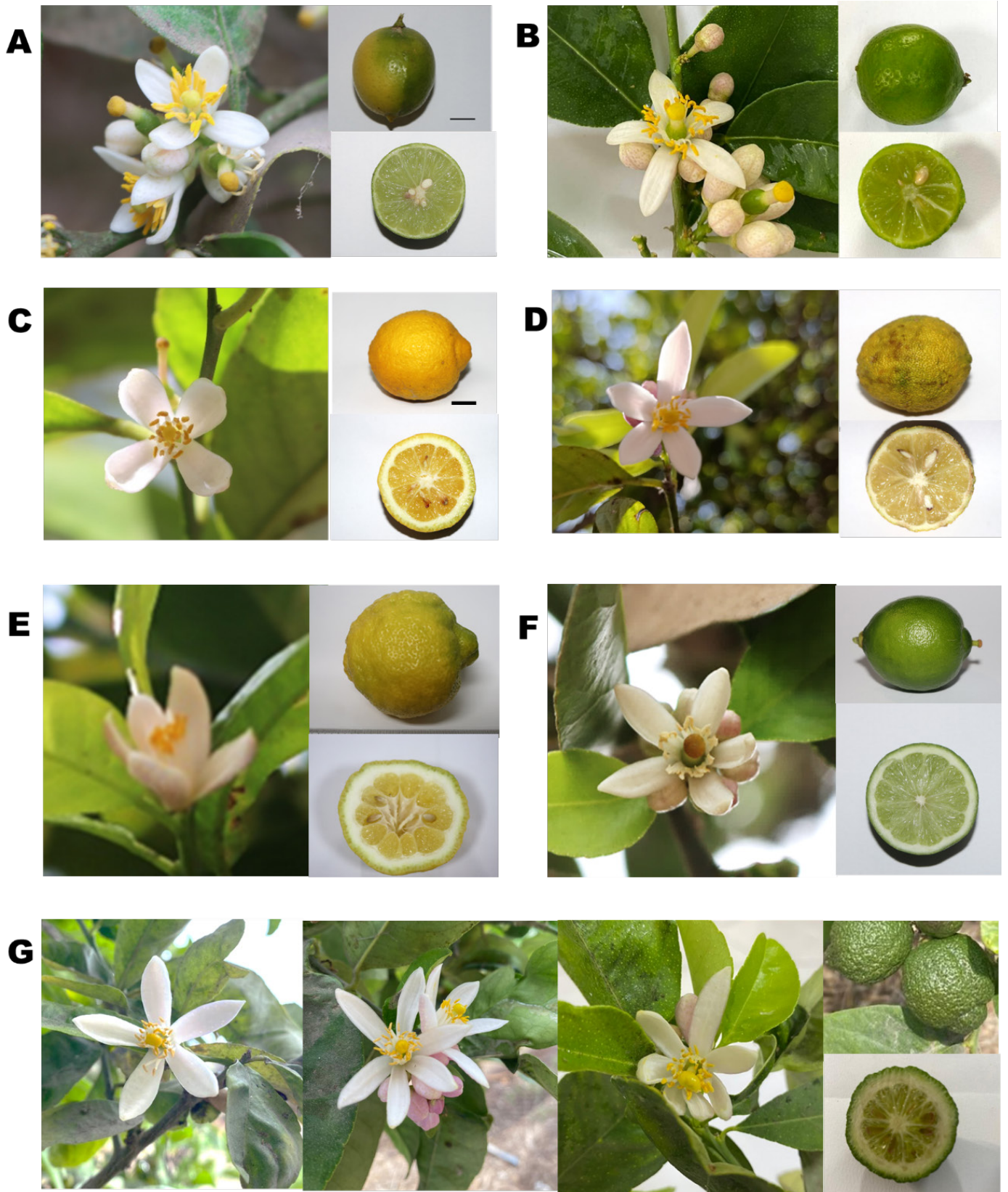


Figura 1. Flores y frutos. A: *Citrus aurantifolia*, Paiján-La Libertad, B: *Citrus aurantifolia*, Trujillo- La Libertad; C: *Citrus aurantifolia*, San Pablo-Cajamarca, D: *Citrus limon*, "El Palto"-Cajamarca, E: *Citrus limon* "El Carrizo" - Cajamarca; F: *Citrus latifolia*, Paiján-La Libertad, G: *Citrus medica*, Trujillo - La Libertad.

que va de reticulada a foveolada o perforada en el genotipo de “El Carrizo”, Cajamarca (Figura 3, E-H).

***Citrus latifolia* o limón “Tahití”.** Los granos de polen tienen forma prolado, con exina reticulada y tetracolporados (Figura 4, A-D); su diámetro en vista ecuatorial es de $22,85 \pm 5,37 \mu\text{m}$ y de $30,41 \pm 0,42 \mu\text{m}$ en vista polar, con una relación P/E de 133,56. El grosor de la exina es de $1,56 \pm 0,27 \mu\text{m}$, y el diámetro del poro es de $1,41 \pm 0,13 \mu\text{m}$ (Tabla 1).

***Citrus medica* o limón “Cidra”.** Los granos de polen muestran forma prolado esferoidal, con exina reticulada y tetracolporado; diámetro promedio en vista ecuatorial de $29,77 \pm 2,64 \mu\text{m}$ y de $32,35 \pm 1,50 \mu\text{m}$ en vista polar, con una relación P/E de 108,66; exina con un grosor de $1,90 \pm 0,30 \mu\text{m}$, y poros con un diámetro de $2,05 \pm 0,50 \mu\text{m}$, los cuales son notoriamente visibles en vista ecuatorial (Figura 4, E-H, Tabla 1).

DISCUSIÓN

La morfología de los granos de polen constituye una herramienta taxonómica valiosa en la sistemática vegetal, particularmente en el estudio de especies vegetales de gran importancia económica tal como en los cítricos en los cuales resulta de gran necesidad la identificación de híbridos. Un ejemplo destacado es *Citrus aurantifolia*, especie en la que se observa variabilidad en el número de aperturas polínicas, presentando patrones tetracolpados, pentacolpados y hexacolpados en una misma planta. En muestras de granos de polen del genotipo de Paiján se registraron 4, 5 y 6 aperturas colporados, mientras que en muestras de Trujillo y Cajamarca se observaron 4 y 5 aperturas, siendo la condición de tetracolpados lo predominante y característico en todas las muestras analizadas, patrón que también fue reportado en *C. aurantifolia* procedente de Irak (AL-Anbari et al., 2015). Por otro lado, estudios basados en marcadores de ADN, como el

polimorfismo de longitud de fragmentos amplificados (AFLP), han confirmado que *C. aurantifolia* y otras especies de cítricos son híbridos (Liang et al., 2007).

La ornamentación de la exina en los granos de polen, característica distintiva de los granos de polen en cítricos, es de tipo reticulado y presenta variaciones en el tamaño de los lúmenes, lo que puede ser útil para diferenciar variedades dentro de una misma especie. En *Citrus aurantifolia* de Cajamarca, los lúmenes son de mayor tamaño en comparación con los observados en los genotipos de Trujillo y Paiján. Además, los poros sobresalen notablemente del borde del grano de polen y están acompañados por una depresión o aplanamiento cercano al poro, rasgo que no se encuentra tan pronunciado en los genotipos de Paiján y Trujillo. Al comparar estos granos de polen con los de *Citrus medica*, se identifican similitudes en tamaño y forma, especialmente en el genotipo de Cajamarca. Así mismo, las características de los granos de polen de *C. medica* citados en esta investigación, es similar a los de reportes de Langgut (2015), tanto en la forma como en el tamaño.

En los granos de polen de *Citrus limón*, de las localidades de “El Palto” y “El Carrizo”, la condición tetracolporada por el número de aperturas es constante. En contraste, Andrés et al. (2001) reportaron granos de polen con cuatro y, ocasionalmente, cinco aperturas para esta especie, mientras que, siguiendo la misma línea, Baño et al. (1993) registraron granos de polen tetracolporados, pentacolporados y hexacolporados en muestras procedentes de Murcia, España, y Xiaoxiao et al. (2018) reportaron granos predominantemente pentacolporados en la misma especie. Por otro lado, respecto a la ornamentación, ambos genotipos estudiados presentaron una exina reticulada aunque, en el polen de “El Carrizo” el cribado es más pronunciado y con tendencia a ser faveolada o perforada. Las discrepancias antes referidas ya han sido puestas en evidencia por García et al. (2015) quienes

Tabla 1. Características morfológicas de los granos de polen de especies de cítricos, según lugares de colecta. Perú, 2024

Especie	Lugar de colecta	Forma	Aperturas	Diámetro vista ecuatorial (E)	Diámetro vista polar (P)	P/E	Grosor promedio de la exina	Diámetro promedio del poro (μm)
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Single 1913	Paiján, Ascope, La Libertad	Prolado esferoidal	Tetracolporado-pentacolporado	$24,46 \pm 3,47$	$27,85 \pm 4,65$	113,38	$1,47 \pm 0,29$	$1,44 \pm 0,34$
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Single 1913	Trujillo, La Libertad	Prolado esferoidal	Tetracolporado-pentacolporado	$30,31 \pm 5,49$	$30,45 \pm 1,96$	100,47	$1,35 \pm 0,29$	$2,12 \pm 0,46$
<i>Citrus aurantifolia</i> (Christm.) Single 1913	San Pablo, Cajamarca	Prolado esferoidal	Tetracolporado-pentacolporado	$36,86 \pm 2,82$	$38,46 \pm 5,38$	104,34	$1,3 \pm 0,42$	$3,66 \pm 0,91$
<i>Citrus limón</i> (L.) Osbeck 1765	El Palto, San Pablo, Cajamarca	Prolado esferoidal	Tetracolporado	$30,28 \pm 4,99$	$31,84 \pm 4,32$	105,18	$1,35 \pm 0,29$	$1,79 \pm 0,71$
<i>Citrus limón</i> (L.) Osbeck 1765	El Carrizo, San Pablo, Cajamarca	Prolado esferoidal	Tetracolporado	$30,58 \pm 3,25$	$33,43 \pm 2,17$	109,33	$1,53 \pm 0,38$	$1,54 \pm 0,43$
<i>Citrus latifolia</i> (Yu. Tanaka) Yu. Tanaka	Paiján, Ascope, La Libertad	Prolado	Tetracolporado	$22,85 \pm 5,37$	$30,41 \pm 0,41$	133,04	$1,56 \pm 0,27$	$1,41 \pm 0,13$
<i>Citrus medica</i> L. 1753	Trujillo, La Libertad	Prolado esferoidal	Tetracolporado	$29,77 \pm 2,64$	$32,35 \pm 1,50$	108,66	$1,90 \pm 0,30$	$2,05 \pm 0,50$

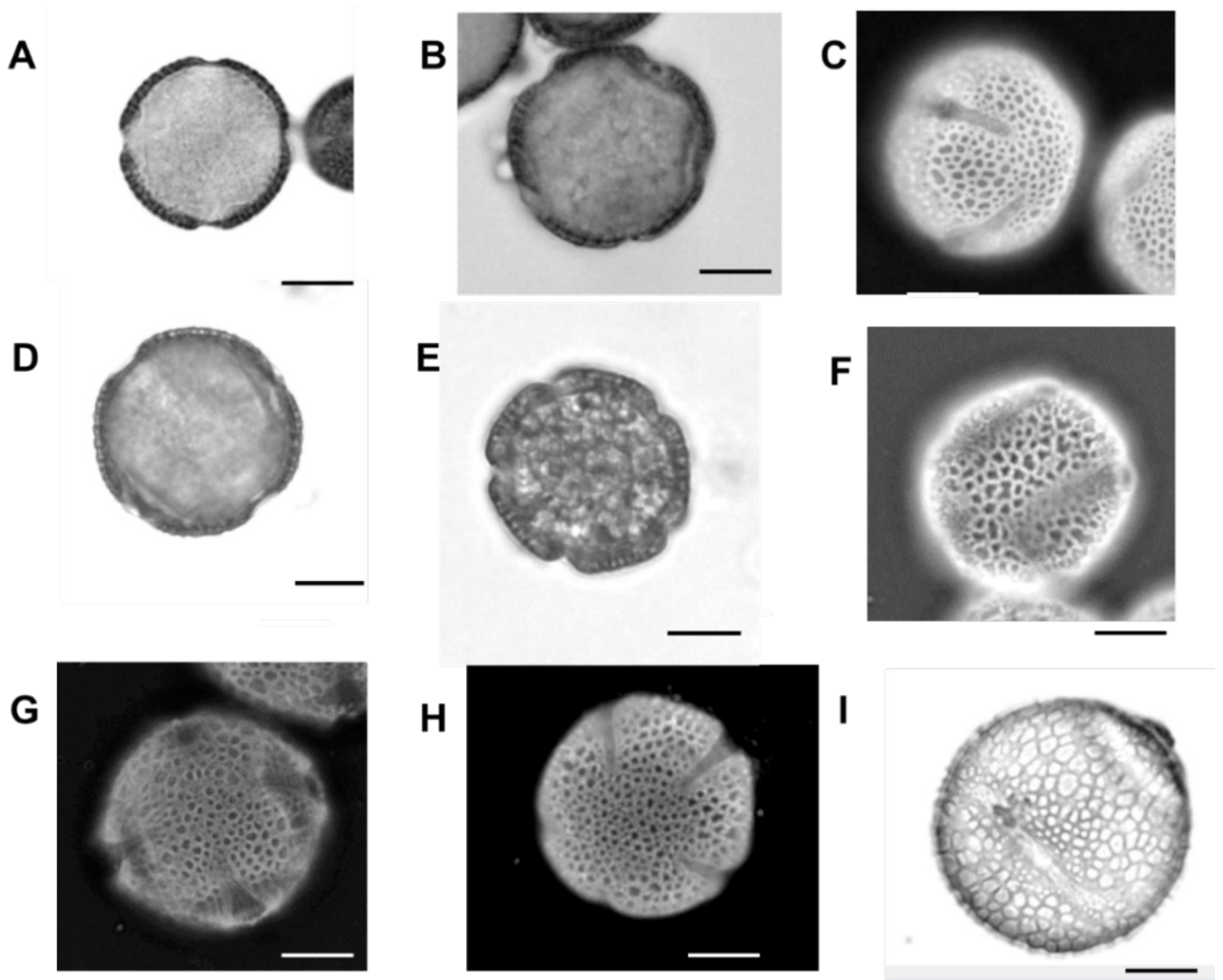


Figura 2. Morfología del polen de *Citrus aurantifolia*. A – C: Genotipo de Paiján-La Libertad; D – F: Genotipo de Trujillo-La Libertad; G-I: Genotipo de San Pablo-Cajamarca. Barra 10 μm

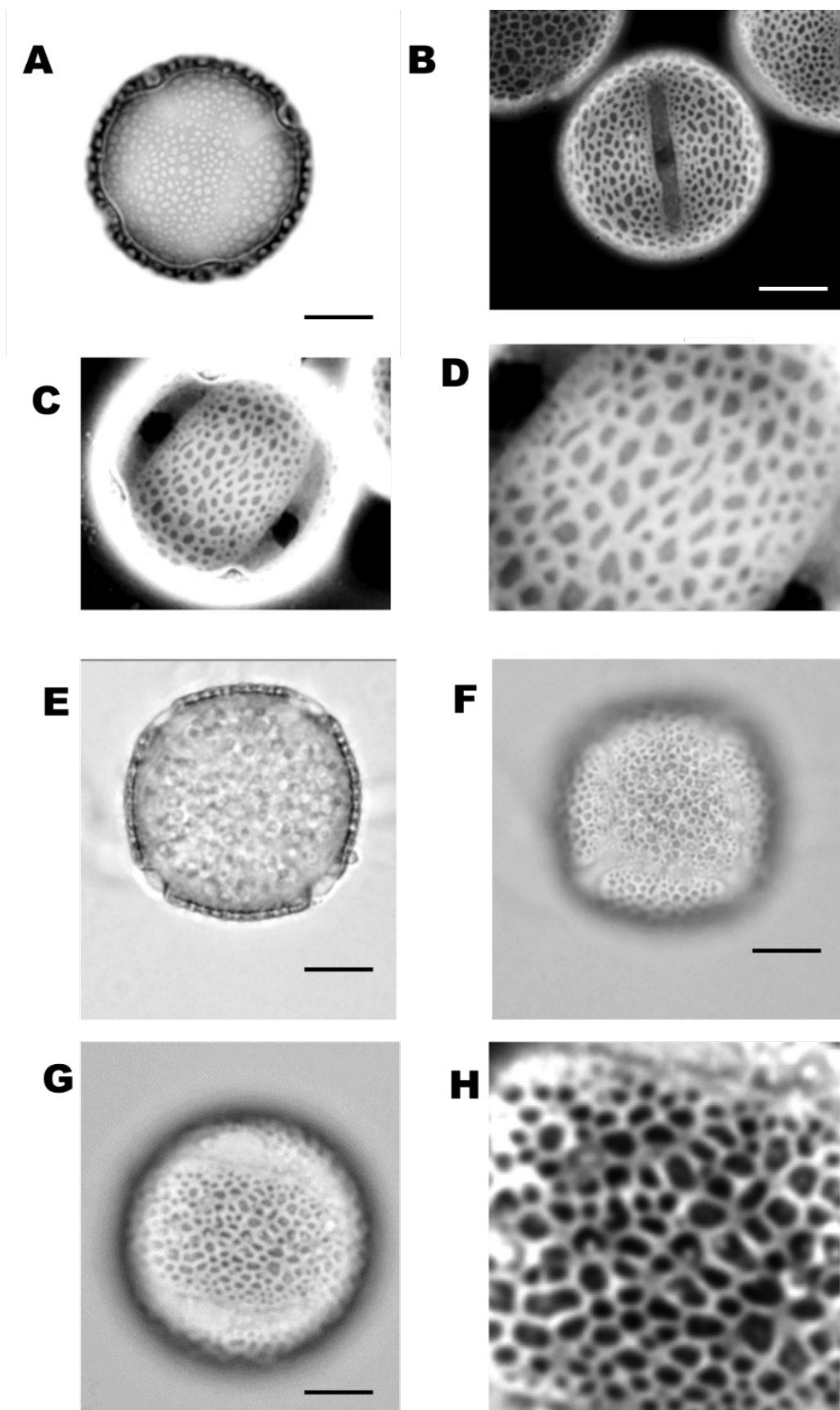


Figura 3. Morfología de los granos de polen de *Citrus limón*. A – D: Genotipo de “El Palto”-Cajamarca; E – H: Genotipo de “El Carrizo”-Cajamarca.

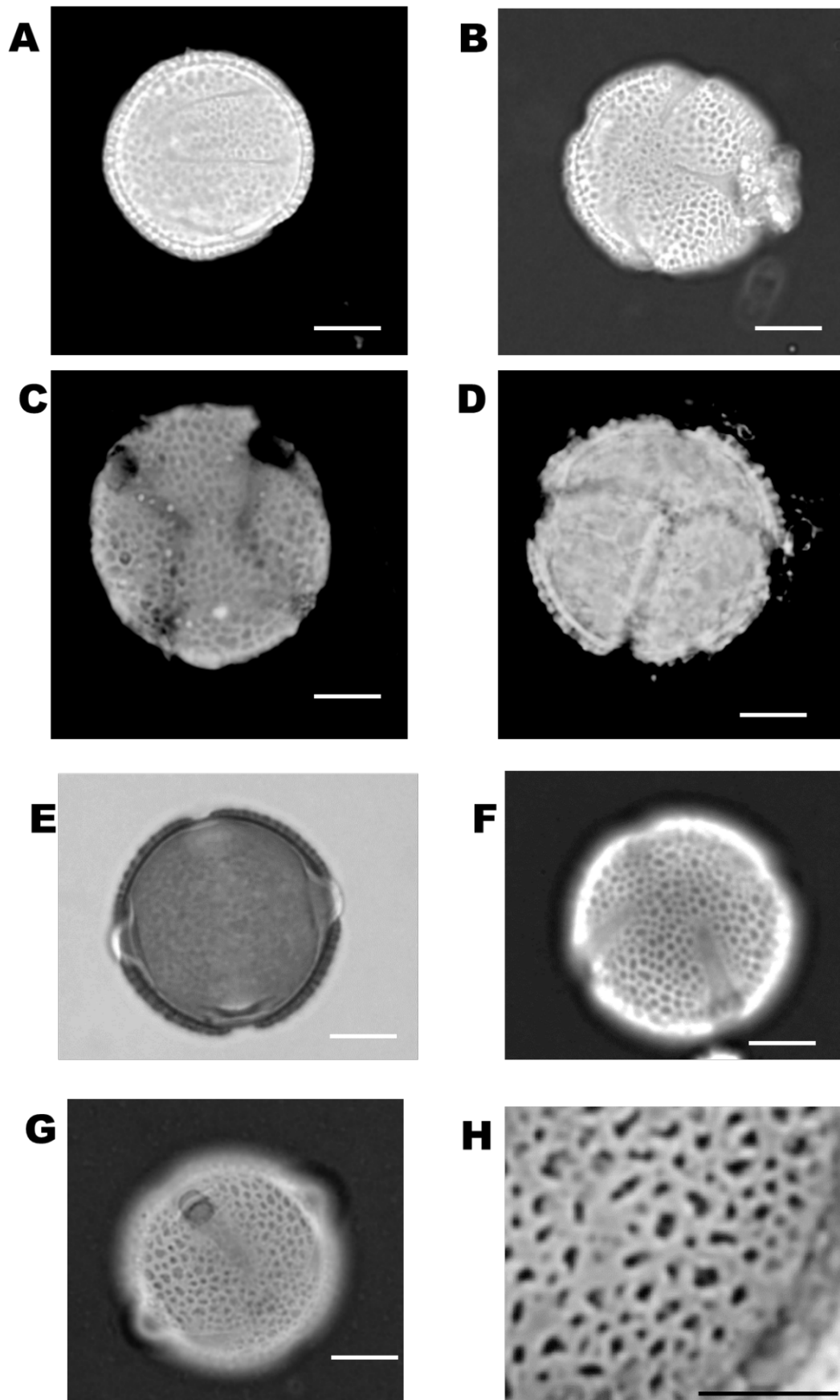


Figura 4. *Citrus latifolia* (A-D); *Citrus medica* (E-H)

afirman existe variabilidad intra e interespecífica en cítricos en el número de aperturas y la ornamentación de la exina.

La predominancia de formas proladas y tamaño promedio de 30,41 µm en vista polar en los escasos granos de polen de *C. latifolia*, coincide con lo reportado por Taia et al. (2019), siendo, la especie en mención, según Peña et al. (2009) y Khankahdani et al. (2017), un triploide natural, hecho que explica la escasez de granos de polen por inestabilidad o alteración cromosómica durante la meiosis y la formación de trivalentes que alteran la división celular normal lo cual da lugar a la ausencia de semillas en los frutos.

La variabilidad en valores P/E, grosor de exina y diámetro del poro existentes entre especies y, aun, dentro de una misma especie, sugieren la existencia de gran diversidad genética en especies de cítricos debidas a una posible alta hibridación natural.

CONCLUSIONES

Los granos de polen en las especies estudiadas son predominantemente tetracolporados, forma prolado-esferoidal y exina reticulada; con valores variables de P/E, grosor de exina y diámetro de poros entre especies y, aun, dentro de una misma especie.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe** (2024). Limón Tahití peruano, una industria con proyección. <https://agraria.pe/noticias/limon-tahiti-peruano-una-industria-con-proyeccion-35897#:~:text=En%20Per%C3%BA%2C%20la%20producci%C3%B3n%20de,e%20la%20con%20menores%20cantidades>.
- AL-Anbari A.K., Barusrux S., Pornponggrueng P. & Theerakulpisut P.** 2015. Pollen grain morphology of Citrus (Rutaceae) in Iraq. Conference: International Conference on Plant, Marine and Environmental Sciences (PMES-2015) Jan. 1-2, 2015 Kuala Lumpur (Malaysia).
- Andrés C., Luque B. & Díez M.J.** 2001. Morfología polínica de las especies de cítricos cultivadas en Andalucía Occidental (España). Acta Botanica Malacitana 26: 69-77. <https://revistas.uma.es/index.php/abm/article/view/7400/6884>
- Baño, F.; Pérez, C.; Egea, C. & Candela, M.** 1993. The pollen morphology of *Citrus limon* cv. "Verna" from the Murcia Region, S.E. Spain. Anales de Biología 19 (Biología Vegetal, (8) 1993: 63-69. Doi: file:///C:/Users/Agustin/Downloads/editum,+32341-148151-1-CE%20(1).pdf
- Bassene, J. B.; Froelicher, Y.; Dhuique-Mayer, C.; Mouhaya, W.; Ferrer, R. M.; Ancillo, G.; ... & Ollitrault, P.** 2009. Non-additive phenotypic and transcriptomic inheritance in a citrus allotetraploid somatic hybrid between *C. reticulata* and *C. limon*: the case of pulp carotenoid biosynthesis pathway. Plant Cell Reports, 28: 1689-1697. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00299-009-0768-1>
- Bhuiyan, J. Begum, P. K. Sardar, and M. S. Rahman.** 2009. Constituents of Peel and Leaf Essential Oils of Citrus Medica. J. Sci. Res. 1 (2), 387-392. DOI:10.3329/jsr.v1i2.1760
- Brako, L., & Zarucchi, J.** 1993. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. 45. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden.
- Erdtman G.** 1986. Pollen morphology and plant taxonomy – Agiosperms (An Introduction to Palynology). LEIDEN, E.J.BRILL. The Netherlands. Google Books. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=WOj7EAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&ots=HByzddlDoL&sig=bB1EVBXHerlrqgdIaIR-95KB0NwE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Gallego-Colonia J.S., Enríquez-Valencia A.L., Caicedo-Arana A., Posso-Terranova M., Muñoz-Flores J.E.** 2017. Diversidad Genética en patrones de cítricos mediante microsatélites amplificados al azar (Rams). Rev.Bio. Agro 15(1: 85-94. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)85-94](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)85-94)
- García, M. E., Reyes, N. J., & Espeche, M. L.** 2015. Aportes palinológicos de once variedades de cítricos (Rutaceae) cultivados en Tucumán (Argentina). Lilloa, 19-30. <https://www.lilloa.org.ar/journals/index.php/lilloa/article/view/337>
- Gmitter, F. G.; Chen, C.; Machado, M. A.; De Souza, A. A.; Ollitrault, P., Froehlicher, Y. & Shimizu, T.** 2012. Citrus genomics. Tree Genetics & Genomes, 8: 611-626. Doi: 10.1007/s11295-012-0499-2
- Hawkins, S. & Reyes, G.** 2022. Factores determinantes para el desarrollo del limón Tahití peruano (Citrus latifolia) a nivel internacional. Tesis Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales. Lima, Perú. Disponible en: https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/17209/T018_76555250_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Herrera, P.; García, C. & Delgado, L.** 2019. Eficacia disolvente y citotoxicidad del aceite de cáscara de limón (*Citrus limon*). Rev Estomatol Herediana, Jul-Set; 29(3):196-202. Doi: <http://www.scielo.org.pe/pdf/reh/v29n3/a05v29n3.pdf>
- Ibanez, V.; López-García, A.; Carbonell Caballero, J.; Alonso, R., Terol, J.; Dopazo, J. & Talón, M.** 2015. El origen de las especies cultivadas de cítricos. Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos, (426): 74-79. Disponible: https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/4176/2015_lba%C3%B1ez_El%20Origen.pdf?sequence=1
- Khankahdani, H.H.; Rastegar, S.; Golein, B.; Golmohammadi, M. & Jahromi, A. A.** 2017. Genetic diversity in Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) accessions using morphological and molecular markers. Agriculture & Forestry, 63(3): 221-231. Doi: 10.17707/AgricultForest.63.3.22
- Langggut D.** 2015. Prestigious fruit trees in ancient Israel: first palynological evidence for growing *Juglans regia* and *Citrus medica*. Israel Journal of Plant Sciences, 62(1-2): 98-110, <http://dx.doi.org/10.1080/07929978.2014.950067>
- Liang, G.; Xiong, G.; Guo, Q., He; Q. & Li, X.** 2007. AFLP analysis and the taxonomy of Citrus. In XXVII International Horticultural Congress-IHC2006: II International Symposium on Plant Genetic Resources of Horticultural, 760: 137-142. Doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.760.17>
- Nicolini, G. & Bertini, A.** 2023. Atlas of holocene pollen of southern Italy (Mar Piccolo, Taranto). Review of Palaeobotany and Palynology, 319: 104992. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2023.104992>

- Nicolosi, E.; Deng, Z. N.; Gentile, A.; La Malfa, S.; Continella, G. & Tribulato, E.** 2000. Citrus phylogeny and genetic origin of important species as investigated by molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 100, 1155-1166. Doi: <https://doi.org/10.1007/s001220051419>
- Mondragón, A.** 2006. Caracterización morfológica de la exina del polen de siete especies del género *Sterculia* L. *Bioagro* 18(3): 139-143. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612006000300001&lng=es&tlng=es.
- Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, O.** 2009. Fanerógamas del Perú: Taxonomía, utilidad y ecogeografía. CONCYTEC
- Ollitrault, P., Curk, F., & Krueger, R.** 2020. Citrus taxonomy. In *The genus citrus* Woodhead Publishing. 57-81. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812163-4.00004-8>
- Ordoñez-Gómez, E.S, Reátegui-Díaz, D, & Villanueva-Tiburcio, J.E.** 2018. Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>
- Peña, L.; Cervera, M.; Fagoaga, C.; Romero, J.; Ballester, A.; Soler, N.; ... & Navarro, L.** 2009. Citrus. Compendium of transgenic crop plants, 1-62. Doi: <https://doi.org/10.1002/9781405181099.k0501>
- Raghuvanshi, S.S.** 1962. Cytogenetical studies in genus Citrus. *Cytologia*, 27(2): 172-188. Doi: <https://doi.org/10.1508/cytologia.27.172>
- Saavedra-Carhuatocoto, D.M.; Aguinaga-Castro, F.; Rojas-Idrogo, C. & Delgado-Paredes, G.E.** 2014. Analysis of Pollen Loads Collected by Honey Bees (*Apis Mellifera* L.) From Lambayeque Province (Peru): Botanical Origin And Protein Content. *Journal of Global Biosciences*, 3(1), 285-298.
- Taia, W. K., Ibrahim, M. M., & Sattar, M. A.** 2019. Pollen Variations among some Cultivated Citrus Species and its Related Genera in Egypt. *Eur Exp Biol*, 9(4): 14. Disponible: <http://www.imedpub.com/european-journal-of-experimentalbiology/>
- Xiaoxiao W.; Yan; T.; Chongling, D.; Binghao, L.; Chuanwu, C. & Ying, N.** 2018. Observation of citrus pollen morphology by scanning electron microscopy. *Journal of Fruit Science*, 35(7): 794-801. DOI: 10.13925/j.cnki.gsxb.20170355. Disponible: <http://fruitsci.zzgss.cn/english/html/down/2019-11-22/1088.html>