

Caracteres microscópicos del gránulo de almidón de las especies *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus* (Fabaceae)

Microscopic characters of the starch granule of the species *Phaseolus vulgaris* and *Phaseolus lunatus* (Fabaceae)

Denis E. Correa Trigoso

Calle 24 de abril 452-b, Florencia de Mora, Trujillo, 13002, PERÚ
dcorreatrigoso@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1262-1432>

Mercedes E. Chaman Medina

Laboratorio de Fisiología Vegetal, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, PERÚ
Av. Juan Pablo s/n, Trujillo, 13011, Perú
elizchm@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0001-8621-375X>

Resumen

La investigación tiene como principal objetivo identificar los caracteres microscópicos del granulo de almidón de las especies *Phaseolus vulgaris* “frejol” y *Phaseolus lunatus* “pallar” (Fabaceae), como son la forma, el hilum, el laminado, la fisura y la cruz de extinción. Se utilizaron ocho muestras de semillas, ocho variedades de frejol, como caballero, canario, frejol negro, garbancillo, ñuña tipo 1, ñuña tipo 2, ñuña vaquita y panamito; de igual manera dos de pallar, como pallar grande y pallar bebe, los cuales fueron adquiridos en un mercado de la localidad. En cada muestra se observaron cien granos de almidón y se logró establecer que los granos de almidón en ambas especies comparten caracteres microscópicos, tales como las formas ovaladas, reniformes y elípticas; la fisura céntrica longitudinal con ramas laterales y la cruz de extinción con brazos curvos, rectos y ondulados. Sin embargo, no fue posible lograr diferenciar claramente a nivel de especie, siendo vinculados hasta el grado de género. Diversos factores internos como externos en la planta influyen en los caracteres del grano de almidón, por tal motivo se propone ampliar la muestra y registrar el crecimiento de la planta para poder establecer algunas variaciones que puedan ser diagnosticas al momento de analizar los granos de almidón de cada especie.

Palabras claves: *Phaseolus vulgaris*, frejol, *Phaseolus lunatus*, pallar, granos de almidón, caracteres.

Abstract

The main objective of the research is to identify the microscopic characters of the starch granule of the species *Phaseolus vulgaris* “bean” and *Phaseolus lunatus* “pallar” (Fabaceae), such as the shape, the hilum, the laminate, the fissure and the extinction cross. Eight seed samples were used, eight varieties of beans, such as caballero, canario, black bean, garbancillo, ñuña type 1, ñuña type 2, ñuña vaquita and panamito; in the same way two pallar, such as large pallar and baby pallar, which were acquired in a local market. In each sample, one hundred starch grains were observed, and it was possible to establish that the starch grains in both species share microscopic characteristics, such as oval, reniform and elliptical shapes; the longitudinal centric fissure with lateral branches and the extinction cross with curved, straight and wavy arms. However, it was not possible to clearly differentiate at the species level, being linked up to the genus level. Various internal and external factors in the plant influence the characters of the starch grain, for this reason it is proposed to expand the sample and record the growth of the plant in order to establish some variations that can be diagnosed when analyzing the starch grains of the plant. Each species.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*, bean, *Phaseolus lunatus*, pallar, starch grains, characters.

Citación: Correa, D. & M. Chaman. 2023. Caracteres microscópicos del gránulo de almidón de las especies *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus* (Fabaceae). *Arnaldoa* 30 (2): 273-286 doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.302.30213>

Introducción

Los “pallares” y “frejoles”, también conocidos como “frijoles” o “porotos”, presentan múltiples orígenes, teniendo como puntos referentes a Mesoamérica y los Andes centrales, y cuentan con una diversidad de formas, colores y tamaño (Voyses, 2000). Desde la taxonomía, estas legumbres forman parte del género *Phaseolus*, la cual incluye alrededor de

35 especies, de las cuales cuatro son cultivadas, como son *P. vulgaris*, *P. lunatus*, *P. coccineus* y *P. acutifolius* var. *latifolius* (Valladolid, 2001). El fruto de esta planta es una vaina con dos valvas proveniente del ovario comprimido a la cual se encuentra las semillas unidas mediante la sutura placentar o dorsal (Rojas, 2019). La semilla presenta múltiples colores y formas, ovoide, esférico, arriñonada, y etc. Estas

semillas representan una fuente importante de carbohidratos, proteínas, minerales (Fe, Zn, K, P, Ca, Mg), vitamina B (riboflavina, ácido fólico, tiamina), fibra y ácidos grasos poliinsaturados para la población actual (Cántaro, 2015) y fue consumida en el pasado por los pobladores prehispánicos en los Andes centrales (León, 2013).

Pese a que múltiples investigaciones se han realizado a nivel microscópico del granulo de almidón del género *Phaseolus* (Hoover y Ratnayake, 2002; Tavares *et al.*, 2019; Okekunle *et al.*, 2020), en estos la descripción de sus atributos forma parte de otros análisis que se realiza a la muestra y no se enfocan en identificar sus caracteres. Son escasos los análisis que presentan este enfoque con las especies cultivadas del género *Phaseolus*, siendo un importante antecedente lo realizado por Babot y colaboradores (2007), donde se establecieron caracteres cualitativos y cuantitativos de los granos de almidón tanto para las variedades cultivadas como las silvestres (*P. vulgaris* var. *vulgaris* y *P. vulgaris* var. *aborigineus*) del Noroeste argentino, y el aporte de Pagán (2015) con su estudio comparativo moderno del Ecuador para los estudios paleoetnobotánicos en el neotrópico. Por tal motivo se consideró necesario realizar la presente investigación con el objetivo de identificar los caracteres microscópicos del granulo de almidón en dos especies de legumbres ampliamente consumidas en los Andes centrales, como son el *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus*.

Materiales y métodos

Para la presente investigación se utilizaron ocho muestras de semillas de *P. vulgaris* y dos de *P. lunatus*. Las muestras son actuales (octubre 2022) y proceden de un mercado local (mercado Modelo), ubicado en el distrito de La Esperanza,

provincia Trujillo. Al ser adquiridas, las semillas se encontraron deshidratadas y sin germinar (Figura 01). Para el procesamiento de las muestras, se pesaron y midieron cada semilla (Tabla 01), siendo luego remojadas en recipientes de vidrios, previamente esterilizados, con 20 ml de agua destilada por un lapso de 24 horas. Posterior al tiempo indicado, con una hoja de bisturí se cortó el tegumento y se realizó el raspado de los cotiledones, con la finalidad de obtener gránulos de almidón en buen estado para que puedan ser identificado de manera clara. Finalmente se realizó montajes en fresco utilizando láminas cubreobjetos y portaobjetos. Las muestras fueron observadas a 600x de aumento en un microscopio compuesto Nikon eclipse Ei, usando el campo claro y de luz polarizada.

Tabla 01: Dimensiones de las variedades de *P. vulgaris* y *P. lunatus* analizadas. a) Canario camanejo, b) Ñuña pava, c) Ñuña pava colorada y d) Checche poroto y e) Pallar iqueño (MINAGRI 2016).

Muestra	Nombre científico	Nombre vulgar	Denominación comercial	Ancho	Largo	Peso
1	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frejol	Canario ^a	9.15	15.94	0.81
2			Caballero	11.42	16.61	1.25
3			Panamito	8.19	9.79	0.37
4			Frejol negro	7.23	12.03	0.33
5			Ñuña tipo 1 ^b	8.84	14.8	0.79
6			Ñuña tipo 2 ^c	8.66	14.66	0.77
7			Ñuña vaquita ^d	9.18	13.74	0.75
8			Garbancillo	10.49	12.9	0.92
9	<i>Phaseolus lunatus</i>	Pallar	Pallar grande	15.71	28.27	2.44
10			Pallar bebe	10.69	15.48	0.56

Para el análisis se registró cien granos de almidón por muestras considerando los siguientes puntos:

- Forma: Vinculado con la morfología del grano de almidón, formado por la silueta que forma su largo y ancho máximo cuando es observada en vista de planta (Babot *et al.*, 2007).
- Hilum: presencia/ ausencia, visibilidad y forma.
- Laminado: son los anillos de crecimiento y se indica su ausencia o presencia.

- Fisura: forma y posición.
- Cruz de extinción: forma y apariencia de los brazos.

Asimismo, se tomaron medidas como los rangos de diámetro, largo y ancho, y sus respectivos promedios. Para la medición del ancho se diferenciaron según formas, en los circulares se consideró el diámetro, en los reniformes se tomó como referencia el punto de inflexión y para las otras formas se usó la parte más ancha de la silueta.

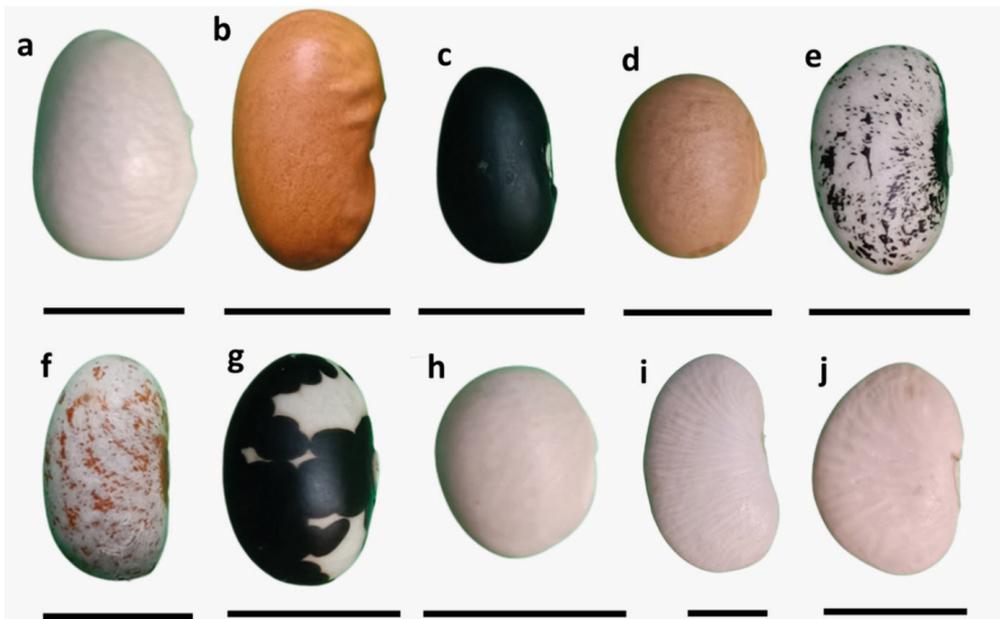


Fig. 01: Muestras analizadas de diferentes variantes de *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus*. a) caballero, b) canario, c) frejol negro, d) garbancillo, e) ñuña tipo 1, f) ñuña tipo 2, g) ñuña vaquita, h) panamito, i) pallar grande y j) pallar bebe. La escala corresponde a 1 cm.

Resultados

Los datos obtenidos del análisis de las muestras de *P. vulgaris* y *P. lunatus* se presentan en la tabla 2. En *P. vulgaris* es posible reconocer que, en las ocho variedades, las formas con mayor predominancia son la ovalada y la reniforme, estando próxima la forma circular (Figuras

02 y 03). El primero presenta un rango entre el 58% y 87%, oscilando el segundo entre 2% y 19%. Caso contrario fueron el elíptico y triangular, ambos con índices máximos del 2%. Entre las diversas variedades analizadas, el garbancillo presenta los mayores índices en promedio de diámetro (23.52 μm), largo (32.09 μm) y ancho (23.99 μm). Al contrario, las variedades que

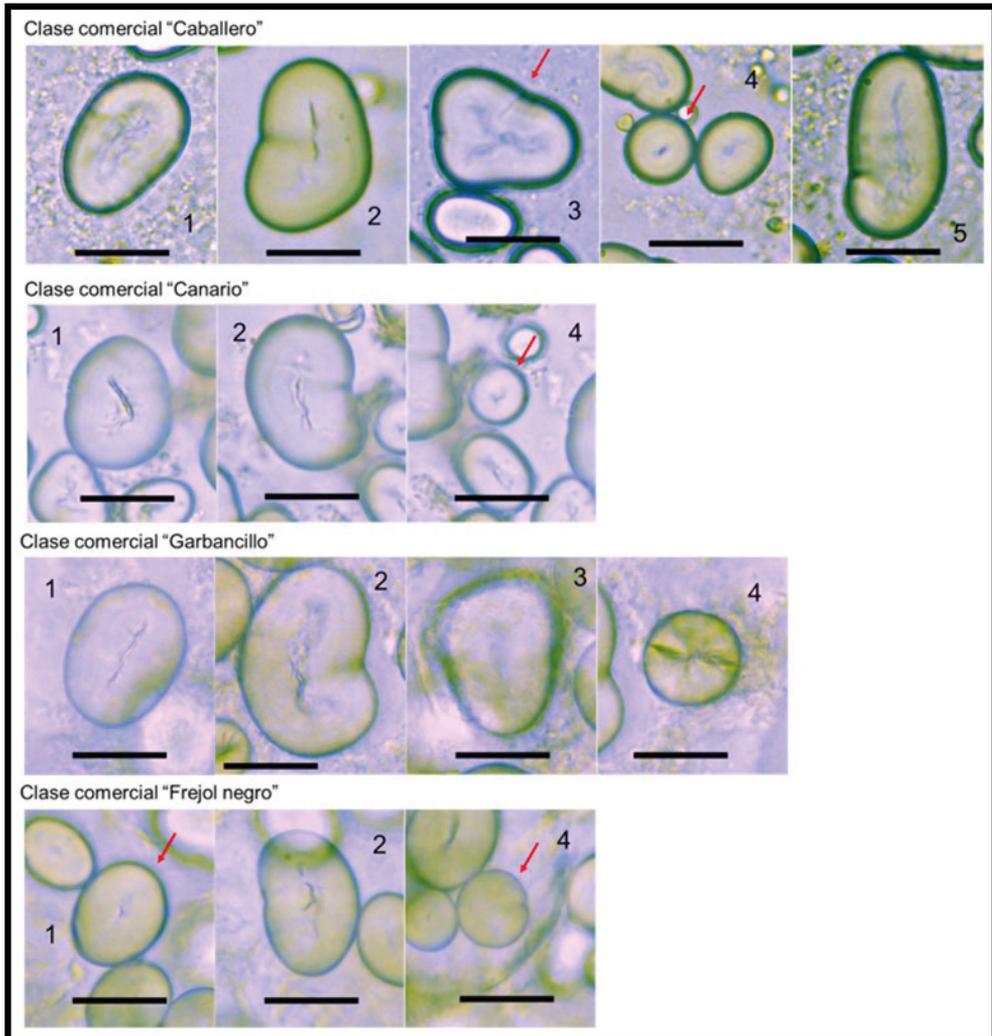


Fig. 02: Diversas formas identificadas en las variedades analizadas. 1: ovalado, 2 reniforme, 3: triangular, 4: circular y 5: elíptico. La escala corresponde a 20 μm .

presentan menor dimensiones en los granos de almidón son el caballero, diámetro promedio de 14.59 μm , y frejol negro, largo de 22.60 μm y ancho de 17.33 μm . Referente a la fisura se tiene que las formas con mayor presencia son la línea, en "Y" y asimétrico,

teniendo a la variedad ñuña tipo 2 como la que conto con mayor cantidad de formas registradas. No obstante, en múltiples granos de almidón no se registraron fisuras, teniendo una ausencia entre 19% y 71%, esta última es la ñuña tipo vaquita. No todos los

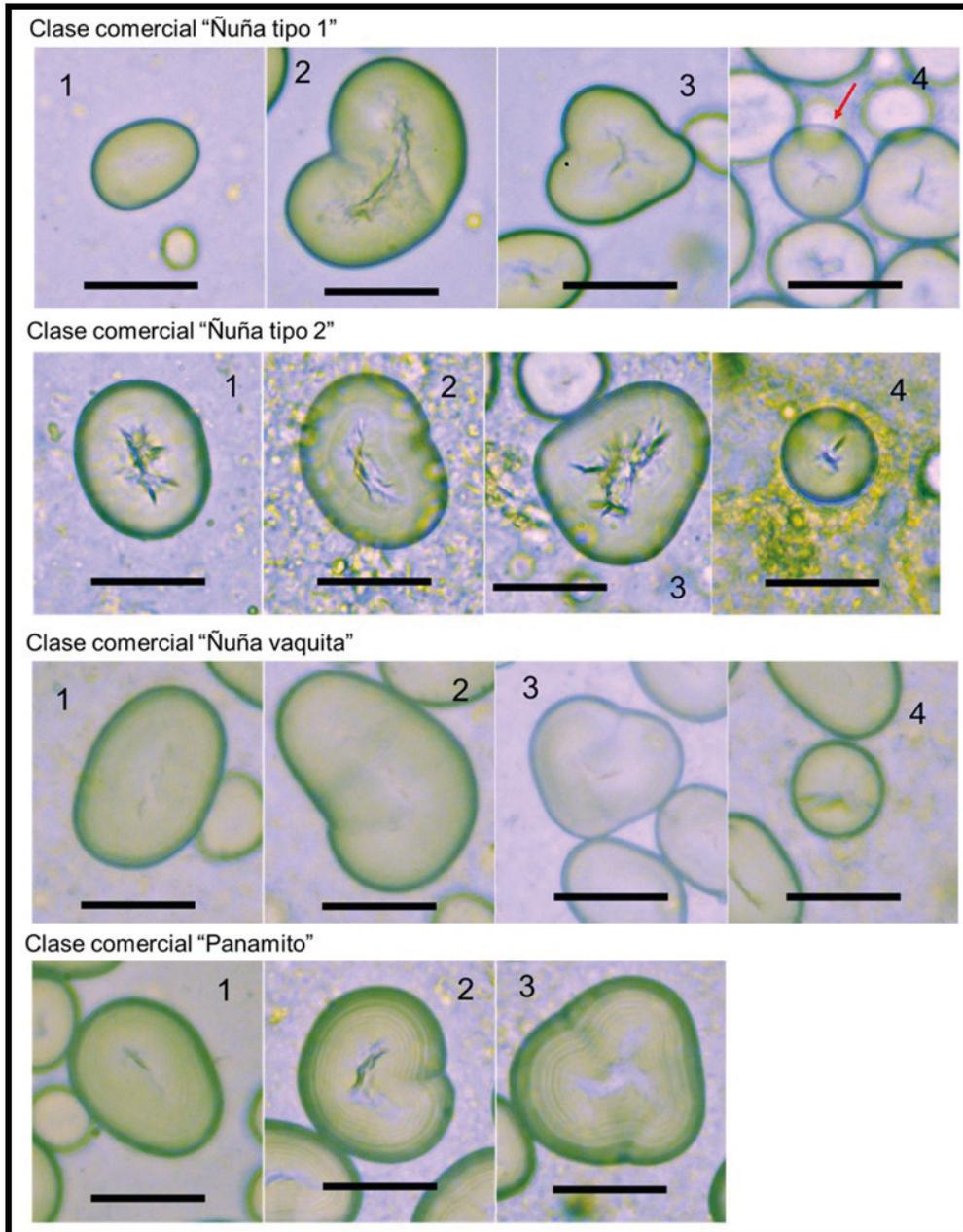


Fig. 03: Diferentes formas identificadas las variedades analizadas. 1: ovalado, 2 reniforme, 3: triangular, 4: circular y 5: elíptico. La escala corresponde a 20 μm .

granos presentaron laminado, como fueron los casos de garbancillo, ñuña tipo 1 y ñuña vaquita, pero se tuvo la mayor presencia en la variedad panamito con 38%. Con respecto a la cruz de extinción fue posible determinar su ubicación central en todos

los granos registrados, con una variedad en forma de “+” y “x”, estos poseen brazos curvos y rectos, siendo mayor la asociación entre la primera forma con la silueta circular y la segunda con el tipo ovalado (Figura 04).

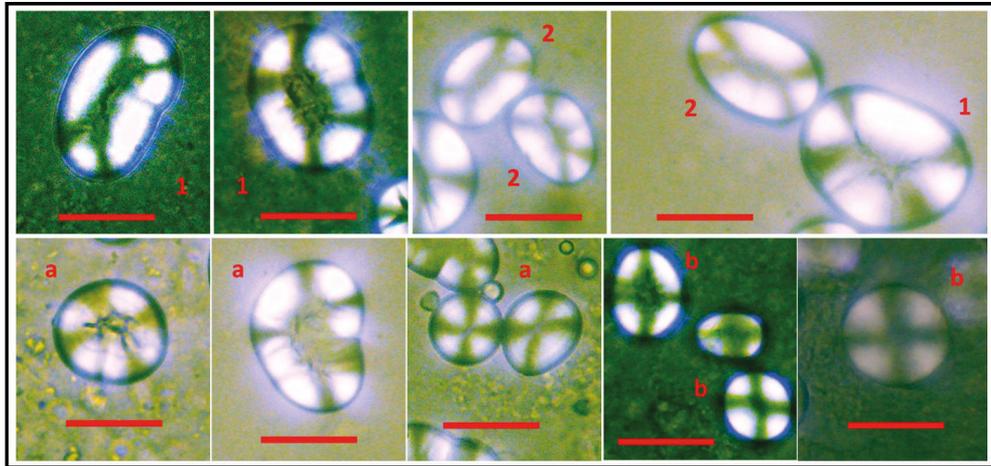


Fig. 04: Formas de cruz de extinción en las diferentes variantes del *Phaseolus vulgaris* analizados. En “x” y “+” se tienen los tipos curvo (1, a) y recto (2, b), respectivamente. La escala corresponde a 20 μm .

Para *P. lunatus* se analizaron las variedades pallar bebe y pallar grande, las cuales presentaron en mayor recurrencia las formas ovalada y reniforme, similar al *P. vulgaris* (Figura 05). El primero tuvo un rango entre 70% y 73% y el segundo entre 14% y 20%, respectivamente. Las otras formas representan indicadores por debajo del 7%. La variedad pallar grande presenta los mayores promedios de ancho (26.99 μm) y largo (35.62 μm), mientras que el pallar bebé tiene el mayor promedio de diámetro (19.05 μm). Con relación a las formas, se tiene que para el pallar bebé se identificaron solo el tipo lineal, con una ausencia del 92%, mientras que para el pallar grande se tiene mayor presencia de fisura tipo línea, en “Y” y asimétrico. En ambos casos se tiene una elevada ausencia de laminado, superior al 90%.

La cruz de extinción identificada registrada presenta una ubicación central, con forma “+” y “x”, estos poseen brazos curvos, rectos y ondulados, presentando similar asociación con las formas descritas en las variantes del *P. vulgaris* (Figura 06). En general en ambas especies no fue posible identificar el hilum y se estableció que la totalidad de los granos registrados presentan el borde marcado, delimitando claramente la silueta de cada grano de almidón.

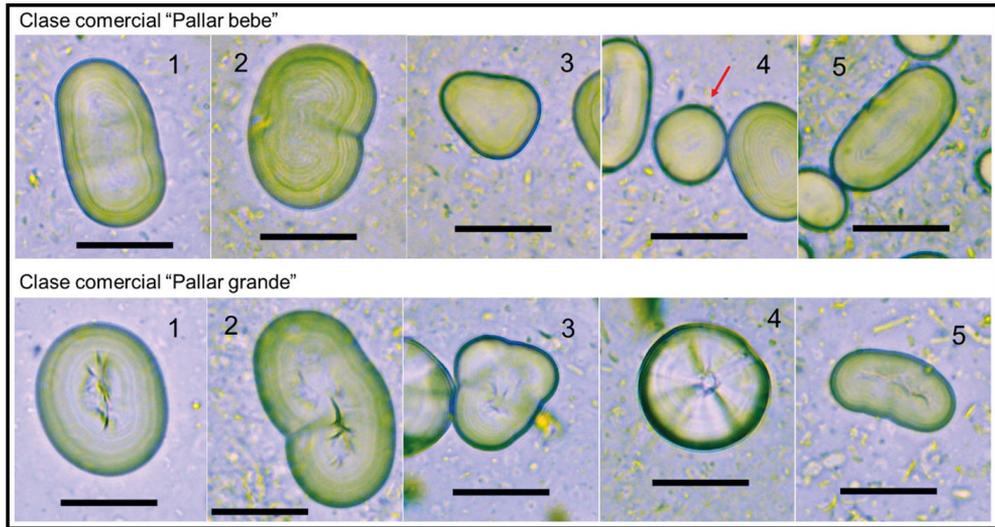


Fig. 05: Distintas formas identificadas en las variedades analizadas. 1: ovalado, 2 reniforme, 3: triangular, 4: circular y 5: elíptico. La escala corresponde a 20 μm .

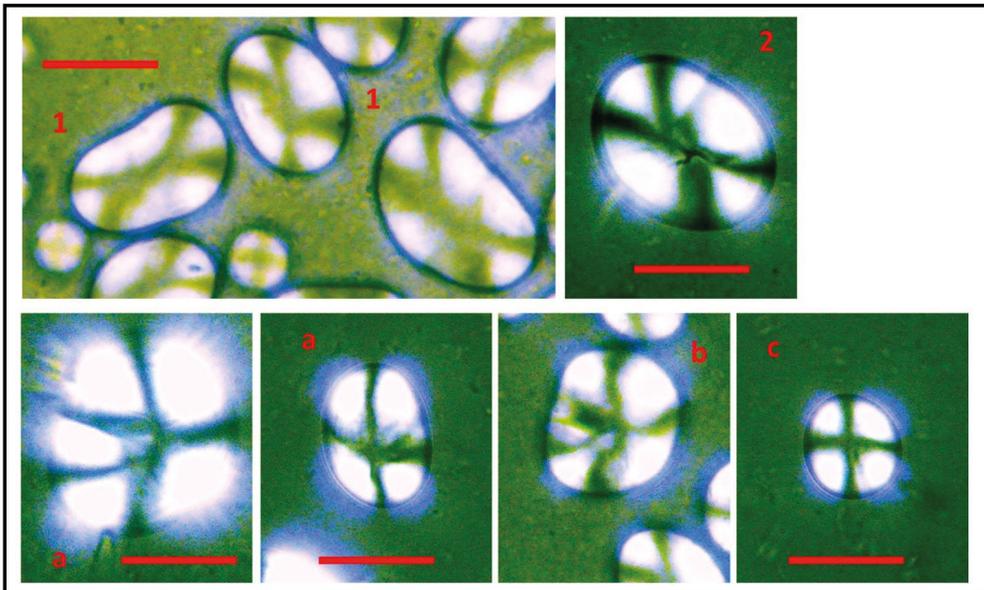


Fig. 06: Formas de cruz de extinción en las dos variantes del *Phaseolus lunatus* analizados. En "x" se tienen los tipos curvo (1) y recto (2), mientras que la forma "+" presenta los tipos curvo (a), ondulado (b) y recto (c). La escala corresponde a 20 μm .

Tabla 02: Características de los granos de almidón registrados en las variedades de *P. vulgaris* y *P. lunatus* analizadas.

Nombre científico	Denominación comercial	Forma*	Rango de diámetro (µm)	Promedio de diámetro (µm)	Rango de largo (µm)	Promedio de largo (µm)	Rango de ancho (µm)	Promedio de ancho (µm)	Fisura*	Laminado	Cruz de extinción
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Caballero	O,R,C,T y E	8.74- 24.58	14.59	14.64- 49.42	29.82	10.34- 31.08	20.25	Ausente (50%), lineal, en "y" y asimétrico	Si (3%)	Centricos en forma de "+" y "X" con brazos curvos y rectos
	Canario	O,R y C	18.85- 11.55	14.86	12.90- 46.06	24.71	10.05- 27.38	17.85	Lineal, ausente (23%), asimétrico y en "y"	Si (9%)	
	Garbancillo	O,C,R y T	15.65- 31.59	23.52	18.76- 53.70	32.09	13.03 - 37.01	23.99	Lineal, ausente (22%), asimétrico en "Y" y triangular	No	
	Frejol negro	O,R y C	12.96- 18.81	15.69	11.66- 34.28	22.6	11.16- 24.13	17.33	Ausente (70%), lineal y asimétrico	Si (1%)	
	Ñuña tipo 1	O,R,C y T	12.21- 22.47	17.02	14.77- 43.66	27.3	10.60- 28.47	19.31	Lineal, ausente (26%), asimétrico, en "Y" y en "T"	No	
	Ñuña tipo 2	O,C,R y T	9.79- 30.12	17.59	9.45- 39.08	23.75	8.44- 36.49	19.27	Lineal, ausente (19%), asimétrico, en "Y", en "T" y en cruz	Si (24%)	
	Ñuña vaquita	O,R,C y T	10.81- 25.44	17.97	10.60- 45.53	28.34	8.82- 29.99	20.37	Ausente (71%) y lineal	No	
	Panamito	O,R,C,T y E	13.03- 22.68	15.86	10.59- 44.46	27.6	8.71- 38.68	21.03	Lineal, ausente (40%) y asimétrico	Si (38%)	
	Pallar bebé	O,R,C,T y E	12.80- 36.38	19.05	18.15- 42.31	29.37	12.25- 27.81	20.32	No (92%) y lineal	Si (91%)	
	Pallar grande	O,R,C,E y T	11.09- 30.18	18.25	16.26- 53.03	35.62	10.13- 43.32	26.99	Lineal, ausente (31%), asimétrico, en "T", en "Y" y circular	Si (98%)	
*; e i orden se relaciona con la frecuencia registrada											
Forma: C-Circular/ E: Elíptico / R: Reniforme / O: Ovalado / T: Triangular											

Discusión

Los datos obtenidos nos permiten reconocer que las formas con mayor abundancia en los granos de almidón de las especies *P. vulgaris* y *P. lunatus* son la ovalada y reniforme, si bien la forma elíptica fue poco frecuente en el análisis, se considera que también que es un contorno característico de este género (Pagan, 2015). Lo registrado en el análisis concuerda con diversas investigaciones que indican el uso de mencionadas siluetas como diagnóstica para identificar al género *Phaseolus* (Bonomo *et al.*, 2011), sin embargo, se considera complicado lograr diferenciar a nivel de especie usando como referencia las formas del gránulo (Piperno & Dillehay, 2008). Las otras formas identificadas, como circular y triangular, se pueden considerar como poco precisas para ser empleadas como referencias diagnósticas, ya que se registran en múltiples taxones (Babot *et al.*, 2007).

Con relación a las dimensiones de los gránulos de almidón, es posible reconocer que el tipo “garbancillo” sobresale de las demás variantes del *P. vulgaris* y en el caso de *P. lunatus*, la variante “pallar grande” es la que cuenta con mayor tamaño. Si bien, se considera la dimensión de los gránulos de almidón como un indicador para diferenciar las especies de *P. vulgaris* y *P. lunatus* (Pagan, 2015), en el presente análisis no queda totalmente corroborado. Se ha logrado establecer que el tamaño de los gránulos de almidón se encuentra influenciadas por variables intrínsecas y extrínsecas, la primera asociada con el medio donde desarrolla el gránulo, siendo de mayor tamaño cuando se encuentra más próximo a la cara superficial y de menor dimensión al estar cerca del centro (Tang *et al.*, 2000). La segunda está vinculada con el déficit de agua en el suelo, lo cual genera

un aumento de los gránulos pequeños y la disminución de los grandes (Ovando-Martínez *et al.*, 2011). Los rangos entre las variantes analizadas son próximos, lo cual no permite reconocer con claridad la relación tamaño-especie anteriormente propuesta, esto podrá ser evaluado a futuro teniendo un mayor muestreo analizado y un control en el crecimiento de las plantas.

Si bien, es elevado el número de gránulos que no cuentan con fisuras, la forma más recurrente es la lineal, esta es céntrica con ramas laterales y se distribuye longitudinalmente, siendo la forma característica del género *Phaseolus* (Madeiros & Marques, 2018). Las otras formas son poco frecuentes, pero se debe tener en cuenta que la observación de las fisuras tiene que ver diversas variables, como son la técnica de extracción, el grado de hidratación, la edad de la semilla o la etapa de germinación (Babot *et al.*, 2007). Se considera que la presencia de laminado es variable en el género *Phaseolus* (Aceituno & Lalinde, 2011), no obstante, en la presente investigación se ha observado que existe una mayor presencia de laminado en las variantes de *P. lunatus*, siendo los índices entre 91% y 98% en comparación con los *P. vulgaris* que varía entre el 3% y 38%. Se podría indicar como una característica a considerar durante la asociación de especie en los granos de almidón, pero se debe realizar mayor análisis para lograr establecer mayor relación.

La forma de la cruz de extinción es la indicada como similar a la de otros géneros de Fabaceae (Pagan, 2015), donde se tiene mayor frecuencia los brazos rectos y curvos. Si bien, en la investigación se pudo observar que la forma ondulada solo estaba presente en las variantes del *P. lunatus*, esto podría estar relacionado con la cantidad

de gránulos de almidón utilizados como muestra.

Conclusiones

La investigación logró establecer que los granos de almidón de las especies *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus* comparten caracteres microscópicos, tales como las formas ovalada, reniforme y elíptica, siendo estas diagnósticas del género *Phaseolus* y no fue posible asociar a una forma específica con cada una de las especies. Fue posible registrar diferencias respecto al tamaño, entre las diferentes muestras, no obstante, esto tendría relación con múltiples variables durante el crecimiento de la planta por lo cual no se podría establecer una relación entre el tamaño y la especie. Similar escenario se encuentra el uso del hilum, las fisuras, el laminado y la cruz de extinción, como indicadores para diferenciar las especies del género analizado. Se considera que existen múltiples variables que influyen en los caracteres de las especies *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus*, por lo cual es necesario realizar mayores investigaciones sobre el tema, no solo ampliando el tamaño de la muestra sino también con la finalidad de poder registrar el crecimiento y el entorno de la planta durante la maduración del almidón.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a Daisy Gutiérrez Mendoza por su apoyo para mejorar la redacción de este manuscrito.

Contribución de los autores

D.C.: Conceptualización y metodología del estudio. Ejecución del trabajo de laboratorio. Interpretación de datos. Redacción y revisión del documento final.

M.Ch.: Conceptualización y metodología del estudio. Interpretación de datos y revisión del documento final.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Literatura citada

- Aceituno, F. & V. Lalinde.** 2011. Residuos de almidones y el uso de plantas durante el Holoceno medio en el Cauca medio (Colombia). *Caldasia* 33 (1): 1-20.
- Babot, P.; N. Oliszewski & A. Grau.** 2007. Análisis de caracteres macroscópicos y microscópicos de *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae, Faboideae) silvestres y cultivados del noroeste argentino: Una aplicación en arqueobotánica. *Darwiniana* 45 (2): 149-162.
- Bonomo, M.; F. Aceituno; G. Politis & M. Pochettino.** 2011. Pre-Hispanic horticulture in the Paraná Delta (Argentina): archaeological and historical evidence. *World Archaeology* 43 (4): 554-575. 10.1080/00438243.2011.624710
- Cántaro, H.** 2015. Efectividad simbiótica de 2 cepas de *Rhizobium* sp. en 4 variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de costa central. [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Hoover, R. & W. Ratnayake.** 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Food Chemistry* 78: 489-498. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00163-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00163-2)
- León, E.** 2013. 14,000 años de alimentación en el Perú. Universidad San Martín de Porres, Lima.
- Medeiros, A.M. & C. A. Marques.** 2018. Key to identification of starch grains used as foods. *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/392209>
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego).** 2016. Leguminosas de Grano Cultivares y Clases Comerciales del Perú. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima.
- Okekunle, M.; K. Adebawale; B. Olu-Owolabi & A. Lamprecht.** 2020. Physicochemical, morphological and thermal properties of oxidized starches from Lima bean (*Phaseolus lunatus*). *Scientific African* 8: 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00432>

- Ovando-Martínez, M.; L. Bello-Pérez; K. Whitney; P. Osorio-Díaz & S. Simsek.** 2011. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydrate Polymers* 85: 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.043>
- Pagán, J.** 2015. Almidones: guía de material comparativo moderno del Ecuador para los estudios paleoetnobotánicos en el neotrópico. Buenos Aires, Aspha.
- Piperno, D. & T. Dillehay.** 2008. Starch grains on human teeth reveal early broad crop diet in northern Peru. *PNAS* 105 (50): 19622-19627. <https://doi.org/10.1073/pnas.0808752105>
- Rojas, L.** 2019. Líneas promisorias de frejol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de la costa central. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Tang, H.; H. Ando; K. Watanabe; Y. Takeda & T. Mitsunaga.** 2000. Some Physicochemical Properties of Small-, Medium-, and Large-Granule Starches in Fractions of Waxy Barley Grain. *Cereal Chemistry* 77 (1): 27-31. <https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.1.27>
- Tavares, J.; L. Jaeger; I. Miranda; J. Viana; A. Alcantara & A. Macedo.** 2019. Starch Granules from Cowpea, Black, and Carioca Beans in Raw and Cooked Forms. En El-Esawi, M. *Legume Crops - Characterization and Breeding for Improved Food Security*, pp. 1-19. IntechOpen. London. 10.5772/intechopen.85656
- Valladolid, A.** 2001. El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la costa del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Ministerio de agricultura. Lima.
- Voyses, O.** 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América Latina 1930-1990. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali.

