

CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS TUBÉRCULOS DE 25 VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

Dania Rodríguez del Sol^{1*}, Alfredo Morales Rodríguez¹, Sergio Rodríguez Morales¹, Yuniel Rodríguez García¹ y Jorge Luis Salomón Díaz².

¹Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales, (INIVIT), Apartado 6, CP: 53 000, Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.

²Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

*Autora para la correspondencia: fisiologia@inivit.cu

Recibido: 17 de marzo de 2023; Aceptado: 12 de abril de 2023

RESUMEN

Las caracterizaciones morfológicas se han utilizado en papa como un primer paso en las evaluaciones de la diversidad vegetal tanto para la conservación como para el uso de los recursos fitogenéticos, sin embargo, estudios previos en varios cultivos mostraron las limitaciones de utilizar únicamente una caracterización morfológica estándar, especialmente para describir la forma y color. El objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización morfométrica de los tubérculos de 25 variedades de papa, utilizando imágenes RGB para estimar valores de color de píxeles y descriptores de forma. De las cinco variables morfométricas utilizadas, tres fueron dirigidas a la forma de los tubérculos (C, AR y R) y dos al color de los mismos (pi RGB y pu RGB). Se determinaron con el software profesional de análisis de imágenes digitales programado en Java: *ImageJ* ver. 1.46. La caracterización morfométrica a los tubérculos de papa, con la inclusión de los valores de píxeles de color y descriptores de forma, resultaron ser eficientes para detectar polimorfismos fenotípicos.

Palabras clave: descriptores, fenotípicos, imágenes.

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE TUBERS OF 25 POTATO (*Solanum tuberosum* L.) VARIETIES

ABSTRACT

Morphological characterizations have been used in potatoes as a first step in plant diversity assessments for both conservation and use of plant genetic resources, however, previous studies in various crops showed the limitations of using only a standard morphological characterization, especially to describe the shape and color. The aim of this study was to perform a morphometric characterization of the tubers of 25 potato varieties, using RGB images to estimate pixel color values and shape descriptors. Of the five morphometric variables used, three were directed to the shape of the tubers (C, AR and R) and two to their color (pi RGB and pu RGB). They were determined with the professional software for digital image analysis programmed in Java: *ImageJ* ver. 1.46. The morphometric characterization of potato tubers, with the inclusion of color pixel values and shape descriptors, turned out to be efficient for detecting phenotypic polymorphisms.

Keywords: descriptors, phenotypics, images.

INTRODUCCION

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el tercer cultivo alimentario más importante del mundo después del trigo y el arroz con 370 millones de toneladas de peso fresco de tubérculos producidos y 17 millones de hectáreas plantadas. El continente mayor productor de papa hasta el año 2000 fue Europa, actualmente es Asia, el cual produce el 51,2 % (FAOSTAT, 2021).

En Cuba desde 1974 a la fecha, se han estudiado más de 200 variedades foráneas, procedentes de Holanda, Canadá, Francia, RDA, URSS, RFA, y un germoplasma de especies silvestres y cultivadas de 552 accesiones representativas de la variabilidad de la zona andina, lo que demuestra el incremento del germoplasma de papa en Cuba y su diversidad (Estévez, 2007). Actualmente son plantadas entre 13 y 15 variedades procedentes de Europa y Canadá cada año, además se someten a evaluación más de 100 nuevas variedades, provenientes de programas de mejoramiento de Holanda, Francia, Alemania, Estados Unidos y Canadá, los cuales encuentran su mayor apoyo en los bancos de germoplasma de este cultivo a nivel mundial (Salas *et al.*, 2009).

Las caracterizaciones morfológicas se han utilizado como un primer paso en las evaluaciones de la diversidad vegetal tanto para la conservación como para el uso de los recursos fitogenéticos (Mwanga *et al.* 2017). En papa se han realizado caracterizaciones utilizando descriptores morfológicos (Arslanoglu *et al.* 2011; Abebe *et al.*, 2013), sin embargo, estudios previos en varios cultivos mostraron las limitaciones de utilizar únicamente una caracterización morfológica estándar, especialmente para describir la forma del fruto en *Solanum aethiopicum* L. y *Solanum macrocarpon* L. (Plazas *et al.* 2014), en tomate (Figás *et al.* 2015) y papaya (Marmolejo *et al.* 2017). Por lo tanto, la caracterización morfológica a veces se convierte en un proceso lento que aumenta la posibilidad de generar errores en las mediciones de rasgos (Kumar *et al.* 2015).

Actualmente, se han desarrollado varios enfoques para evaluar la diversidad con base en el análisis de imágenes digitales (Gehan *et al.* 2017). Estas estrategias permiten realizar una caracterización morfológica utilizando una imagen como herramienta no destructiva para el análisis de plantas (Rosero *et al.*, 2019). En Arabidopsis, tomate, boniato y uvas, este enfoque se ha utilizado para obtener medidas biométricas de formas y de la complejidad de los órganos de las plantas, así como pigmentos en los tejidos, entre otros (Chitwood *et al.* 2013; Rosero *et al.*, 2019).

Con la finalidad de fortalecer las capacidades nacionales y generar líneas base de la biodiversidad de papa introducida, el objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización morfométrica de los tubérculos de 25 variedades de papa, utilizando imágenes RGB para estimar valores de color de píxeles y descriptores de forma.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en áreas de campo del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado en el municipio de Santo Domingo, Villa Clara, ubicado geográficamente a 22°35'00"N de latitud, 80°14'18"O de longitud y a 50 msnm. La plantación se realizó el 30 de diciembre de 2022 y se cosechó el 28 de marzo de 2023, en un suelo Pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). Se evaluaron 25 variedades de papa (Tabla 1), estableciendo para cada una, una parcela de cinco surcos de cinco metros de largo, para un área efectiva de 22,5 m², empleándose una distancia de plantación de 0,90 x 0,25 m, con 100 plantas totales por parcela, de las cuales, 60 evaluables y una distancia entre parcelas de dos metros (por ambos lados). El tipo de

riego utilizado fue por aspersión, con una frecuencia semanal, a una norma parcial neta de 250 m³ ha⁻¹.

A los 90 días después de la plantación se cosecharon los tubérculos y se tomaron imágenes RGB de los mismos con una cámara Canon EOS 600D. La luz y el tiempo de exposición fueron completamente controlados entre las variedades.

Tabla 1. Variedades de papa evaluadas.

Variedad		Variedad		Variedad	
1	SAFIYAH	11	MENPHIS	21	RUDOLPH
2	DONATA	12	OCTA	22	CAMEL
3	YP-10-182	13	CONNET	23	NAIMA
4	LOANE	14	HARRY	24	TORNADO
5	LEONATA	15	RASHIDA	25	ZINA RED
6	CORONADA	16	VALENCIA		
7	CARTAGENA	17	SUN RED		
8	LA BELLA	18	PRIMA BELLE		
9	OTOLIA	19	CARDYMA		
10	AMORA	20	MERYEM		

De las cinco variables morfométricas utilizadas (Tabla 2), tres fueron dirigidas a la forma de los tubérculos (C, AR y R) y dos al color de los mismos (pi RGB y pu RGB). se determinaron con el *software* profesional de análisis de imágenes digitales programado en Java: *ImageJ* ver. 1.46 de *National Institute of Health*, siguiendo las instrucciones de Ferreira y Rasband (2012).

Tabla 2. Descriptores morfométricos utilizados en la caracterización de las 25 variedades de papa.

Variables	Código	Fórmula
Circularidad	C	$\frac{4\pi * (A)}{p^2}$
Relación de aspecto	AR	$\frac{Ema}{Eme}$
Redondez	R	$\frac{4 * A}{\pi * md^2}$
Color de la piel	pi RGB	-
Color de la pulpa	pu RGB	-

La manipulación de los datos, así como la evaluación y el trazado, se realizaron utilizando el *software* RStudio 2023.03.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existieron diferencias entre las variedades en la distribución de valores de píxeles R, G, B. Las variedades de color de piel amarilla presentaron valores altos en las coordenadas *Green*, mientras que las de piel roja y moradas presentaron valores bajos en esta coordenada. Las variedades de color de pulpa amarilla oscura se ubicaron en la zona

baja de la coordenada Blue. Se evidencia la eficiencia de estos descriptores colorimétricos para detectar diferencias de color en los tubérculos de papa.

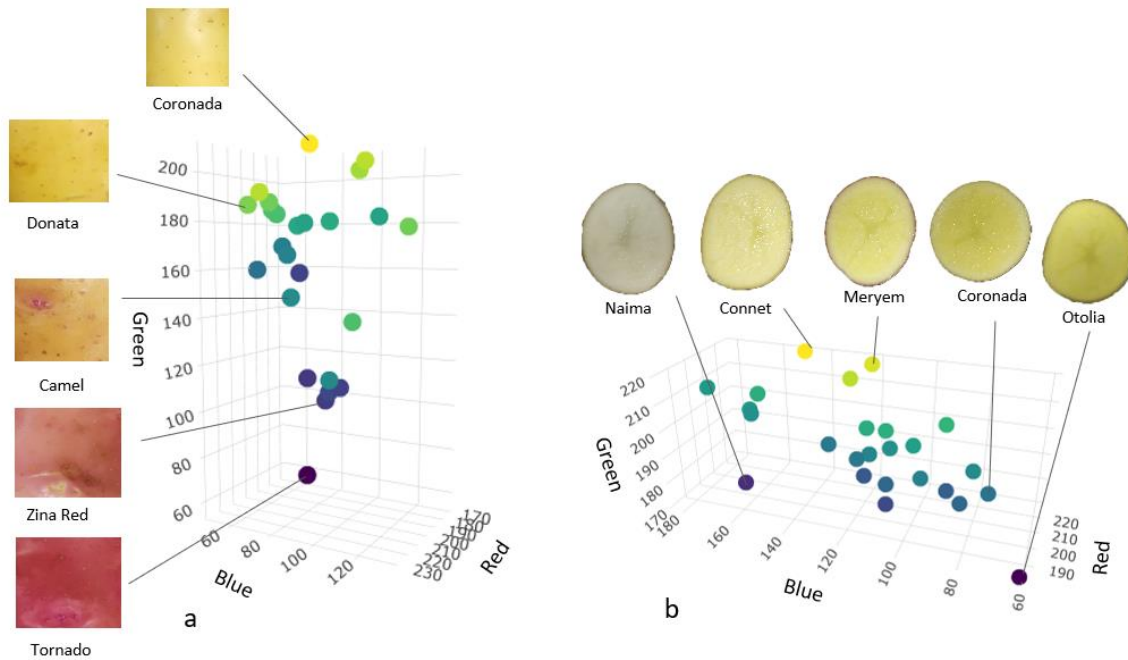


Figura 1. Representación del color de la piel (a) y carne (b) de los tubérculos de 25 variedades de papa en el espacio de color RGB.

Rosero *et al.* (2019) caracterizaron 70 accesiones de boniato y concluyeron que el establecimiento de valores medios de píxeles rojos, verdes y azules a partir de imágenes RGB demostró mejorar la discriminación de los colores de los órganos que no se detectaron a través de la evaluación visual. Sin embargo, la distribución de los valores de los píxeles R, G y B no se relacionó con todas las categorías de color, lo que confirma su mejor eficiencia para detectar polimorfismos fenotípicos.

La diversidad de formas de tubérculos se representó (Figura 2) con las mediciones de tres descriptores morfométricos (Circularidad, Relación de aspecto y Redondez). Las tres variables fueron sensibles a la forma de las papas. Variedades como Amora y Meryem tuvieron una circularidad y redondez relativamente altas, contrastando las variedades Tornado y Cardyma, las cuales tuvieron valores de AR alrededor de 2, lo que indica que son casi dos veces más largas que anchas. Se evidencia una relación inversamente proporcional entre la Redondez y AR.

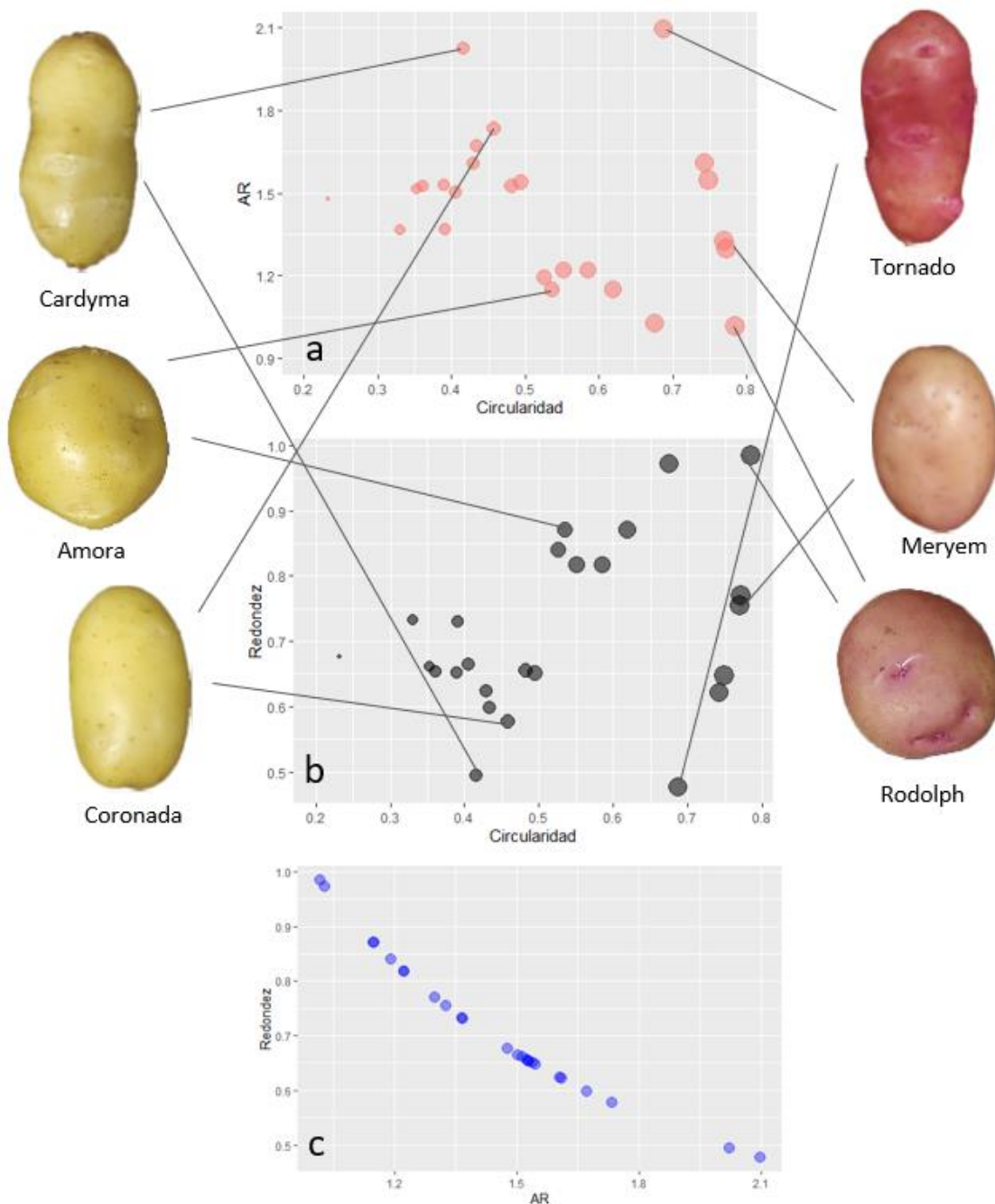


Figura 2. a: relación entre la circularidad y AR; b: relación entre la circularidad y Redondez; c: relación entre AR y Redondez.

Según Alcon *et al.* (2019) dentro de las variedades nativas de papa amarga en Bolivia, existe una diversidad morfológica representada en las características de forma del tubérculo y el color de la piel. Los tubérculos de papa colectados de las comunidades mostraron diferentes formas del tubérculo con ciertas variaciones, así mismo mostraron variabilidad de colores, mientras que algunas de un solo color y otras combinadas. Las variedades del grupo Luk'i tienen nombres nativos que las diferencian por la forma y color el tubérculo, siendo en su generalidad de forma alargado. Tapia y Saravia (1997)

indicaron que los tubérculos de la especie *Solanum juzepczukii* presentaron forma redonda, ligeramente achatada, con ojos esparcidos y superficiales poco profundos y alargadas, oblongas, elíptica o fusiforme, con pocos ojos y superficiales.

CONCLUSIONES

La caracterización morfométrica a los tubérculos de papa, con la inclusión de los valores de píxeles de color y descriptores de forma, resultaron ser eficientes para detectar polimorfismos fenotípicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ABEBE, T.; WONGCHAOCHANT, S.; TAYCHASINPITAK, T. 2013. Analysis of the phenotypic diversity within cultivated potato varieties in ethiopia at three locations. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 47: 803-817.
- ALCON, D.; BONIFACIO, A.; TABOADA, C. 2019. Caracterización morfológica de tubérculos de la papa amarga según el diálogo de saberes. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2): 7-20.
- ARSLANOGLU, F., S. AYTAC and E.K. ONER. 2011. Morphological characterization of the local potato genotypes (*Solanum tuberosum* L.) genotypes collected from the Eastern Sea region of Turkey. *African J. Biotechnol.* 10: 922-932.
- ESTÉVEZ, A. 2007. El cultivo de la papa en Cuba. Ediciones INCA. 531 pp.
- FAOSTAT. 2021. Disponible en: www.fao.org.
- FERREIRA Y RASBAND. 2012. *ImageJ User Guide*. IJ 1.46 Revised edition. 198 pp.
- FIGÁS, M.; PROHENS, J. RAIGÓN, M.; FERNÁNDEZ, D.; SOLER, S, 2015. Characterization of a collection of local varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) using conventional descriptors and the high-throughput phenomics tool tomato analyzer. *Genet Resour Crop Evol.* 62(2):189-204.
- GEHAN, M.; FAHLGREN, N.; ABBASI, A.; BERRY, J.; CALLEN, S.; CHAVEZ, L.; HOYER, J. 2017. PlantCV v2: Image analysis software for high-throughput plant phenotyping. *PeerJ* 5:e4088.
- HAJJAR, R. y HODGKIN, T. 2007. The use of wild relatives in crop improvement: a survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*, 156, (1-2): 1-13.
- HERNÁNDEZ, A.; J. PÉREZ; D. BOSCH y N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba, 93 p.
- KUMAR, J.; PRATAP, A.; KUMAR, S. 2015. Plant phenomics: an overview. In: Kumar J, Pratap A, Kumar S (eds) *Phenomics in crop plants: trends, options and limitations*. Springer, New Delhi, pp 1-10.
- MARMOLEJO, D. SANTA, R. BRITO, D.; SANTANA, F. DA SILVEIRA, S.; FERREGUETTI, G.; CANCELA, H.; VIANA, A.; GONZAGA, M. 2017. Model-assisted phenotyping by digital images in papaya breeding program. *Sci Agric*, 74(4):294-302.
- MWANGA, R.; M. ANDRADE; E. CAREY; J. LOW; G. YENCHO; W. GRUNEBERG. 2017. Sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.). In: *Genetic improvement of tropical crops*. Springer, Cham, pp 181-218.
- PLAZAS, M.; I. ANDÚJAR; S. VILANOVA; P. GRAMAZIO; F. HERRAIZ; J. PROHENS. 2014. Conventional and phenomics characterization provides insight into the diversity and relationships of hypervariable scarlet (*Solanum aethiopicum* L.) and gboma (*S. macrocarpon* L.) eggplant complexes. *Front Plant Sci*, 5:318.

- ROSETO, A.; L. GRANDA; J. PÉREZ; D. ROSETO; W. BURGOS; R. MARTÍNEZ; J. MORELO; I. PASTRANA; E. BURBANO; A. MORALES. 2019. Morphometric and colorimetric tools to dissect morphological diversity: an application in sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.]. *Genet Resour Crop Evol*, 66:1257-1278.
- SALAS, A.; R. SIMON; E. ROJAS; M. BLANCAS; H. JUAREZ and W. ROCA. 2009. CIP database of FAO in-trust wild potato accessions. Genetic Resources Characterization and Conservation Division: Genebank. Disponible en: <http://www.research.cgiar.org/genebankdb>.
- TAPIA, N. y G. SARAVIA. 1997. Biodiversidad en papas amargas. Cochabamba, Bolivia. AGRUCO (Serie técnica Nro. 36).53 p.