

Evaluación morfoagronómica, fisiológica, nutricional y nutraceutica de 10 poblaciones nativas de *Cucurbita moschata* Duchesne del sureste de México

Morphoagronomic, physiological, nutritional, and nutraceutical evaluation of 10 native populations of *Cucurbita moschata* Duchesne from Southeastern Mexico

Caracterización morfoagronómica de calabazas nativas

Kati Medina-Dzul¹ , Esaú Ruiz-Sánchez¹ , Rubén Andueza-Noh¹ , Neith Aracely Pacheco-López² , Fernanda Ricalde-Pérez¹ , Alexis Lamz-Piedra³ , Roberto R. Ruiz-Santiago^{4*} 

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Conkal, Yucatán, México.

²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C., Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, Km 5.5 carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto, Mérida, Yucatán, México.

³Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

⁴Laboratorio de Biodiversidad, Escuela de Ciencias, Universidad Autónoma "Benito Juárez" de Oaxaca, Av. Universidad S/N, 68120, Col. ExHacienda Cinco Señores, Oaxaca de Juárez, Oaxaca, México.

*Autor para correspondencia: robertafrarui93@gmail.com

Fecha de recepción:

16 de diciembre de 2024

Fecha de aceptación:

21 de febrero de 2024

Publicado en línea:

4 de mayo de 2025

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-

NoComercial-

CompartirIgual 4.0

Internacional

(CC BY-NC-SA 4.0)

RESUMEN

Cucurbita moschata Duchesne es una especie con gran potencial agroindustrial, alimenticio y medicinal debido a la versatilidad de sus usos en flor, fruto y semilla. Sin embargo, la pérdida de variedades nativas, causada por el desplazamiento por otras especies, destaca la necesidad de seleccionar materiales con cualidades sobresalientes. Este estudio evaluó la variabilidad agromorfológica y fisiológica de 10 poblaciones recolectadas en Yucatán, México, así como la calidad nutrimental y nutraceutica de sus frutos. Las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—513 y JMC2020—514 destacaron en variables de fruto y semilla, mientras que JMC2020—518 fue notable en tasa fotosintética y uso eficiente del agua. En calidad nutraceutica, JMC2020—501, JMC2020—502 y JMC2020—514 sobresalieron en carotenoides y flavonoides, mientras que JMC2020—502 y JMC2020—519 presentaron alto contenido de vitamina C. Este trabajo resalta el potencial de estas poblaciones para programas de mejora genética y la promoción de cultivos sostenibles y nativos.

PALABRAS CLAVE

Calidad de fruto, germoplasma, recurso fitogenético, valor nutraceutico, variedades nativas.

ABSTRACT

Cucurbita moschata Duchesne is a species with significant agro-industrial, nutritional, and medicinal potential due to its versatile uses in flowers, fruits, and seeds. However, the loss of traditional varieties, driven by their replacement with other crops, underscores the need to select materials with outstanding qualities. This study evaluated the agromorphological and physiological variability of 10 populations collected in Yucatan, Mexico, as well as the nutritional and nutraceutical quality of their fruits. Populations JMC2020—501, JMC2020—513, and JMC2020—514 stood out for their superior fruit and seed traits, while JMC2020—518 excelled in photosynthetic rate and water use efficiency. Regarding nutraceutical quality, JMC2020—501, JMC2020—502, and JMC2020—514 exhibited high carotenoid and flavonoid content, while JMC2020—502 and JMC2020—519 had elevated vitamin C levels. This study highlights the potential of these populations for genetic improvement programs and the promotion of sustainable and native crop production.

KEYWORDS

Fruit quality, germplasm, phytogetic resource, nutraceutical value, native varieties.

INTRODUCCIÓN

El género *Cucurbita* presenta un potencial significativo como cultivo agrícola debido a su diversidad genética y numerosos usos. Es un cultivo con una amplia variación morfológica (Bisognin, 2002), y se utiliza ampliamente como fuente de alimentos. Sus frutos, semillas, tallos y flores, se consumen directamente y son muy valorados por su contenido nutricional, medicinal y agroindustrial (Jacobo-Valenzuela et al., 2011; Paris, 2012; Sánchez de la Vega, 2018). Además, los frutos se consideran un alimento que contribuye a la nutrición y salud humana debido a su alto contenido de antioxidantes, particularmente carotenoides (Miljić et al., 2021). También contienen una alta concentración de vitaminas y carbohidratos (Lira, 2016), y se han aislado numerosos compuestos bioactivos con actividades biológicas que ejercen efectos protectores contra enfermedades degenerativas crónicas como el cáncer, la diabetes, la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares (Amin et al., 2019). Recientemente, las semillas de calabaza han ganado atención en varias formas procesadas, incluyendo productos proteicos fermentados, germinados, horneados y concentrados, como el aislado de proteína de calabaza. También son una fuente rica de nutrientes esenciales al contener hierro, proteína, manganeso, magnesio, zinc, potasio, cobre, fósforo, ácidos grasos poliinsaturados, γ -tocoferol y carotenoides. Este perfil de nutrientes resalta su potencial para aplicaciones más amplias en alimentos y salud (Galluzzi et al., 2010). Dados todos los beneficios antes mencionados, *Cucurbita* es considerada un cultivo clave para abordar los futuros desafíos alimentarios globales (Galluzzi et al., 2010). Existen estudios que han abordado la caracterización agronómica y la adaptación ecológica de *Cucurbita* (Canul-Kú et al., 2005; Ezin et al., 2022; Jacobo-Valenzuela et al., 2011; Muñoz-Falcón et al., 2024; Rodríguez et al., 2018), lo que demuestra los diferentes grados de diversidad y las ventajas de este género.

No obstante, las variedades tradicionales de calabaza se han perdido gradualmente debido a la disminución de su uso y a la introducción de variedades comerciales y cultivares modernos (Rodríguez-Amaya et al., 2009). En este contexto, la recolección, caracterización y evaluación de poblaciones nativas de *C. moschata* Duchesne puede contribuir a mantener la variabi-

lidad genética (de Oliveira et al., 2016). Este estudio tiene como objetivo conocer la diversidad de poblaciones nativas de *C. moschata* recolectadas en Yucatán, México, al evaluar la variabilidad morfoagronómica y fisiológica de la planta, las características morfológicas del fruto y semilla e identificando las características nutricionales y nutraceuticas sobresalientes en frutos. Conocer su diversidad genética, adaptabilidad ecológica y potencial uso, podría promover una agricultura sustentable e impulsar programas de mejoramiento de cultivos destinados a aumentar el valor nutricional y nutraceutico de los frutos, además de la resiliencia a las tensiones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y período de ejecución del experimento

La investigación se desarrolló en la Unidad de Investigación y Producción Hortícola del Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, en Yucatán, México (21° 05' N y 89° 32' O, 8 msnm), de diciembre de 2021 a marzo de 2022. El clima predominante es cálido húmedo y la mayor precipitación ocurre en verano. Los suelos son calcáreos, poco profundos y con altos porcentajes de pedregosidad, denominados litosol según la clasificación FAO/UNESCO, con un pH alcalino que fluctúan entre 7-8 (González et al., 2015).

Material vegetal y esquema de siembra

Se sembraron en campo 10 poblaciones nativas de calabaza colectadas en el estado de Yucatán (Cuadro 1). Las poblaciones se establecieron en el campo por medio de siembra directa a una distancia de 90 cm entre plantas y 2 m entre líneas. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones con un sistema de riego por goteo, el cual se suministró para mantener a capacidad de campo. El control de malezas fue manual y no se aplicó ningún insecticida, fungicida o fertilizante al cultivo.

Evaluación de características morfo agronómicas

La caracterización morfológica se realizó de acuerdo con los descriptores específicos para el género *Cucurbita*

Cuadro 1. Origen de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) de Yucatán, México; evaluadas en este estudio.

Población nativa	Municipio	Localidad	Coordenadas
JMC2020—501	Tahdziú	Tahdziú	20° 20' 33.88" N, —88° 56' 38.10" O
JMC2020—502	Tahdziú	Tahdziú	20° 11' 53.19" N, —88° 56' 38.10" O
JMC2020—506	Chacsinkín	X—Box	20° 20' 38.05" N, —89° 39' 72.22" O
JMC2020—507	Yaxcabá	Tinunah	20° 15' 50.51" N, —88° 40' 59.81" O
JMC2020—513	Yaxcabá	Yaxcabá	20° 33' 00.39" N, —88° 49' 53.00" O
JMC2020—514	Oxkutzcab	Yaxhachén	21° 22' 52.69" N, —89° 33' 57.39" O
JMC2020—516	Tizimin	Xpanha Toro	20° 28' 36.00" N, —89° 20' 26.99" O
JMC2020—517	Tizimin	San Luis Tzuctuk	21° 28' 41.66" N, —87° 05' 19.44" O
JMC2020—518	Tizimin	Chan Cenote	20° 59' 36.99" N, —87° 47' 80.99" O
JMC2020—519	Tizimin	San Luis Tzuctuk	21° 54' 99.23" N, —87° 51' 60.99" O

(Esquinas y Gulick, 1983). Se tomaron en cuenta las variables morfológicas de planta, fruto y semillas. Las características de planta incluyeron el número de hojas, longitud de peciolo (mm), ancho de hoja (cm), longitud de la hoja (cm), número de ramas, longitud del ápice (cm) y longitud de guía central (cm). Las características de fruto incluyeron el grosor de la cáscara (mm), ancho de pedúnculo (mm), cantidad de lóbulos, peso seco de frutos (g), diámetro de frutos (mm), longitud de frutos (mm) y grosor de la pulpa (mm). Para las características de semillas, se consideró el peso seco de la semilla (g) por fruto, longitud de semilla (mm) y grosor de semilla (mm).

Evaluación de características fisiológicas (intercambio de gases)

La caracterización fisiológica se realizó con un analizador de gases infrarrojo (LI-6400® IRGA; LI-COR, Lincoln, Estados Unidos), el intercambio de gases se midió en tres hojas jóvenes completamente extendidas por planta y se tomaron tres plantas por cada unidad experimental. En cada hoja se realizaron cinco mediciones de la tasa fotosintética (P_N) y la transpiración (E). La eficiencia del uso del agua (WUE) se calculó como la tasa fotosintética (P_N) dividida entre la tasa de transpiración (E) (Medrano et al., 2007). Las mediciones se realizaron entre las 7:00 y las 10:00 h, al inicio de floración.

Variables de calidad nutrimental y nutracéutica del fruto

Selección y preparación de la muestra

Para el análisis de frutos, las muestras se colectaron aleatoriamente en las unidades experimentales para

formar una muestra de un kg por tratamiento. Se seleccionaron frutos sanos y sin ningún daño, se lavaron y se fraccionaron, se separó la pulpa de las semillas y la pulpa se liofilizó, y se mantuvo en congelación (-20 °C) hasta su análisis.

La composición proximal fue determinada utilizando los métodos oficiales de la Association of Official Analytical Chemists (2000): cenizas (923.03), grasa (920.39) y nitrógeno (954.01), el factor de conversión para proteína fue 6.25, donde se multiplicó por el contenido de nitrógeno, la fibra cruda se determinó por el método de la bolsa de papel filtro utilizando el analizador para fibras ANKOM® (ANKOM®/220 AnkomTechnology, Macedon, Estados Unidos) donde se utilizó digestión ácida con H_2SO_4 (1.25 %) y digestión alcalina con NaOH (1.25 %).

Actividad antioxidante: método del radical ABTS

Obtención del extracto

A 0.5 g del material liofilizado se le agregaron 5 mL de metanol acuoso al 80 % (v/v), la mezcla se sometió a sonicación durante 20 min a temperatura ambiente. El sobrenadante se separó y se repitió el proceso. Los dos extractos se mezclaron y se procedió a la determinación de la actividad antioxidante, flavonoides y fenoles.

Para la determinación de la actividad antioxidante, se utilizó la metodología de Re et al. (1999), el radical ABTS (2.45 μ M), se incubó durante 16 h a temperatura ambiente y en oscuridad, posteriormente se mezcló 1 mL de la solución con el volumen necesario de etanol anhidro hasta obtener una absorbancia de 0.7 ± 0.1 nm para estabilizar al radical. Después se

mezcló 1 mL del radical estabilizado con 2 mL del extracto de muestra, la mezcla se incubó en oscuridad durante 7 min y se midió la absorbancia a 734 nm en el espectrofotómetro UV-vis (Cintra® 1010, GBC, Keysborough, Australia), la concentración de la actividad antioxidante se calculó utilizando una curva estándar de Trolox (10 a 90 mg L⁻¹) y fue expresada en mg equivalentes a Trolox por 100 g de masa seca (mg ET 100 g⁻¹ ms).

Determinación de flavonoides

Siguiendo la metodología de Chang et al. (2002) se cuantificaron los flavonoides totales al medir la absorbancia de cada extracto metanólico a 415 nm en el espectrofotómetro UV-vis y se calculó la concentración con una curva patrón de quercetina (10 a 300 mg L⁻¹). Los resultados se expresaron como mg de equivalentes de quercetina por 100 g de muestra en masa seca (mg QE 100 g⁻¹ ms).

Vitamina C

El contenido de ácido ascórbico se cuantificó de acuerdo al método propuesto por Dürüst et al. (1997). Los extractos se prepararon colocando 0.3 g de muestra en 10 mL de ácido oxálico (0.4 % p/v) la mezcla se sonicó durante 20 min a temperatura ambiente, posteriormente se filtró. El espectrofotómetro se ajustó a cero con agua desionizada, después se mezcló 1 mL de ácido oxálico + 1 mL de la solución buffer de acetato + 8 mL de la solución de dicloroindofenol (DCIP) y se midió la absorbancia a 520 nm, pasando 15 s, este valor se registró como L1 para todas las mediciones. El espectrofotómetro nuevamente se ajustó a cero para cada muestra al mezclar 1 mL de la solución de ácido ascórbico (diferentes concentraciones) o extractos de la solución con la muestra + 1 mL de la solución buffer de acetato + 8 mL de DCIP, este valor se registró como L2. Los valores de L1-L2 fueron las absorbancias de cada concentración con la que se realizó la curva de calibración de ácido ascórbico (10-50 mg L⁻¹) a una absorbancia de 520 nm los resultados se expresan en mg equivalentes de ácido ascórbico por cada 100 g de muestra en masa seca (mg EAA 100g⁻¹ ms).

Carotenoides

Se utilizó el método de Soltani et al. (2019): se mezcló un gramo de muestra en 10 mL de acetona al 80 % más carbonato sódico al 1 % p/v, la mezcla se sonicó durante 10 min, se centrifugó a 6,000 rpm durante 5 min y se recogió el sobrenadante. El procedimiento se repitió hasta que la muestra no presentó color. Se combinaron los sobrenadantes y se midió la absorbancia a 663, 645 y 470 nm utilizando el espectrofotómetro UV-vis. Los resultados se calcularon con las siguientes ecuaciones:

$$Ca = 12.21 A_{665} - 2.81 A_{649} \text{ (clorofila a)}$$

$$Cb = 20.13 A_{649} - 5.03 A_{665} \text{ (clorofila b)}$$

$$Cc = \frac{(1,000 A_{470} - 3.27 Ca - 104 Cb)}{245} \text{ (carotenoides)}$$

Determinación de fenoles totales

La cuantificación espectrofotométrica de los polifenoles se realizó mediante el método reportado por (Nayak et al., 2015) con ligeras modificaciones: 250 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu (1 N) fueron mezclados con 20 µL del extracto más 1,250 µL de una solución de carbonato de sodio (Na₂CO₃) al 20 % y 480 µL de agua destilada, dejando reaccionar durante 30 min a temperatura ambiente para finalmente medir la absorbancia a 760 nm. La concentración de polifenoles libres se expresó como mg equivalente de ácido gálico por g de muestra (EAG) en base seca, a partir de la pendiente generada de una curva de ácido gálico con concentraciones de 50-600 ppm.

Análisis estadístico

Previo al análisis, se comprobó que los datos cumplieran los supuestos de normalidad, cuando los datos no cumplieron, se ajustaron a través de transformación de datos de la siguiente manera:

Los números continuos se transformaron con el logaritmo natural, los números discretos con la raíz cuadrada y los números de proporción, con el arcoseno de la raíz cuadrada. Para comparar las diferencias morfológicas y fisiológicas entre las poblaciones nativas se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Posteriormente, se aplicó una prueba de agrupamiento

jerárquico de medias utilizando el método de comparación estadística de Tukey ($p \leq 0.05$). Los caracteres más importantes para las poblaciones nativas se identificaron a través de un Análisis de Componentes Principales (ACP) y las medias aritméticas de cada población para una variable. Para el ACP se utilizaron matrices de correlación y la normalización del modelo por el método de rotación varimax (Dien et al., 2005) con el *software* SPSS versión 25 (IBM, Armonk, Estados Unidos). Adicionalmente, para el análisis de la similitud entre las poblaciones nativas se utilizó un análisis de conglomerados con todas las variables empleando el método de UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) y la distancia euclidiana como medida de similitud, con el *software* InfoStat (Di Rienzo et al., 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características morfológicas de la planta de *C. moschata*

Los hallazgos demostraron que las características morfológicas de las plantas de poblaciones de calabazas nativas presentaron diferencias estadísticas

significativas entre las variables estudiadas. Aunque los cultivares exhibieron diversificación en la mayoría de las variables, se observó que las siguientes poblaciones resultaron sobresalientes en más de una, JMC2020—501: número de hojas, longitud de peciolo, hojas más anchas y longitud de hoja; JMC2020—502: número de hojas y longitud de hojas; JMC2020—506: número de hojas, hojas más anchas, longitud de la guía; JMC2020—513: número de hojas, longitud de peciolo, hojas más anchas, longitud de hoja, longitud de la guía; JMC2020—514: longitud de peciolo, hojas más anchas, longitud del ápice; JMC2020—516: longitud de peciolo, hojas más anchas, longitud de hoja, número de ramas; JMC2020—518: longitud de peciolo, hojas más anchas, longitud de hoja, longitud del ápice; y JMC2020—519: hojas más anchas, longitud de hoja, longitud del ápice (Cuadro 2).

Las características morfológicas de las plantas en este estudio fueron similares a las reportadas por Ezin et al. (2022) para seis cultivares nativos de calabaza en África tropical, donde los valores de longitud del peciolo variaron de 12.8 a 14.9 cm, longitud de la hoja de 16.7 a 20.2 cm, ancho de la hoja de 16.6 a 20.4 cm y número de hojas de 24.6 a 95.5 por planta. Se observaron valores similares en estas variables a pesar de

Cuadro 2. Características morfológicas de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata* Duchesne) originarias de Yucatán, México.

Población nativa	No. de hojas	Longitud de peciolo (mm)	Ancho hoja (cm)	Longitud de hoja (cm)	No. de ramas	Longitud de ápice (cm)	Longitud de guía (cm)
JMC2020—501	90.1 ± 36.26a	17.29 ± 5.41a	17.95 ± 4.46a	15.31 ± 3.38a	3.1 ± 0.83c	13.98 ± 3.45b	285.6 ± 69.28b
JMC2020—502	99.7 ± 28.45a	14.16 ± 2.63b	16.33 ± 2.32b	14.71 ± 2.68a	3.5 ± 0.67c	11.4 ± 1.77c	290 ± 71.96b
JMC2020—506	102.7 ± 16.14a	12.35 ± 2.50b	19.14 ± 2.15a	14.8 ± 1.29a	3.8 ± 0.75c	10.55 ± 2.46c	350.4 ± 47.67a
JMC2020—507	55.9 ± 9.40b	13.28 ± 2.73b	15.39 ± 1.91b	11.9 ± 1.45b	3.9 ± 0.83c	15.64 ± 3.10a	222.5 ± 68.35c
JMC2020—513	111.5 ± 21.53a	18.56 ± 2.57a	19.4 ± 2.74a	15.67 ± 2.34a	3.5 ± 0.50c	11.23 ± 2.59c	368.1 ± 70.91a
JMC2020—514	84.6 ± 16.44b	15.5 ± 3.20a	18.75 ± 3.25a	15.46 ± 2.30a	4.5 ± 0.92b	18.7 ± 5.39a	306.1 ± 63.63b
JMC2020—516	64.1 ± 11.06b	15.42 ± 3.13a	19.45 ± 3.35a	16.53 ± 2.70a	5.8 ± 1.33a	14.14 ± 3.79b	241.3 ± 43.84c
JMC2020—517	69.9 ± 21.94b	13.64 ± 2.44b	17.05 ± 1.52b	14.06 ± 1.48a	4.1 ± 1.22c	14.5 ± 2.98b	267.4 ± 63.19b
JMC2020—518	80.1 ± 19.04b	15.6 ± 2.37a	18.15 ± 3.03a	15.29 ± 3.29a	4.8 ± 0.98b	18.63 ± 4.20a	280.4 ± 31.72b
JMC2020—519	75.8 ± 16.30b	13.4 ± 2.69b	18.4 ± 1.56a	14.2 ± 1.14a	4.5 ± 1.02b	18.4 ± 3.69a	286.7 ± 49.39b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0.05$), medias ± D.E, n = 10.

la constitución genética de los cultivares estudiados y el efecto del ambiente, que es un factor determinante en el comportamiento del genotipo (Kiramana e Isutsa, 2017). Las características morfológicas expresadas de las poblaciones estudiadas, indicaron variabilidad genética, y se logró identificar que la población JMC2020—513 presentó las mejores características morfológicas. La identificación de los recursos genéticos de los cultivos es importante en la conservación de la biodiversidad agrícola por lo que esta población podría sugerirse como recurso fitogenético interesante, para mejoramiento del cultivo y programas de conservación.

Características fisiológicas de *C. moschata*

Las variables fisiológicas mostraron diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones ($p \leq 0.05$) (Figura 1). La población con los valores más altos de la tasa fotosintética (P_N), y el uso eficiente de agua (WUE), fue JMC2020—518, con medias de $31.42 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Figura 1A) y $3.42 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{mmol} (\text{H}_2\text{O})^{-1}$ (Figura 1B), respectivamente. Con relación a la transpiración (E), se observó que el cultivar JMC2020—501 ($p = 0.001$, $F = 31.44$) presentó el valor más elevado, con un promedio de $11.6 \text{mmol} (\text{CO}_2) \text{mol} (\text{H}_2\text{O})^{-1}$ (Figura 1C).

Los valores observados en el comportamiento de intercambio de gases en las poblaciones nativas se encontraron dentro de los rangos esperados para cucurbitáceas, pero resultaron más altos que los reportados para algunas variedades comerciales de calabaza como lo documentaron Radwan et al. (2006), donde las tasas fotosintéticas estuvieron en un rango entre 12 y $14 (\text{CO}_2) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, el uso eficiente del agua tuvo un promedio entre 1.5 y $2 \mu\text{mol} (\text{CO}_2) \text{mmol} (\text{H}_2\text{O})^{-1}$, y las tasas de transpiración se encontraron entre 4.22 y $5.36 \text{mmol} (\text{CO}_2) \text{mol} (\text{H}_2\text{O})^{-1}$.

El mayor intercambio de gases puede atribuirse a la ganancia genética de estas variedades en la región

de donde fueron recolectadas, ya que está bien documentado que la selección masiva en especies alógenas puede resultar que en cada cultivar sea un producto de hibridación natural lo que lleva a una ganancia o erosión genética dentro de los cultivares. En consecuencia, también puede ocurrir una mejora natural de algunas características fisiológicas y agronómicas de los cultivares (Coyac et al., 2013), como se observó en el proceso de intercambio de gases de los cultivares de este estudio. Esto sugiere que los cultivares criollos de calabaza tienen un potencial agronómico competitivo, basado en los altos valores de la tasa fotosintética y eficiencia en el uso del agua, estas características están asociadas con una alta actividad de procesamiento de carbono, mayor producción de foto asimilados y buena respuesta al estrés biótico y abiótico lo que resulta en una mayor producción de biomasa, vigor de la planta y rendimiento (Coyac et al., 2013).

Características morfológicas del fruto

En este estudio, el ancho de pedúnculo, número de lóbulos, peso y diámetro del fruto y grosor de la pulpa no mostraron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) entre las poblaciones nativas. Esta uniformidad en características morfológicas podría indicar una estabilidad genética en estas variables dentro de las poblaciones evaluadas, como el fenómeno observado por Hernandez et al. (2023) en estudios previos de *C. moschata* donde ciertos rasgos cuantitativos mantuvieron baja variabilidad en condiciones ambientales similares. Respecto al grosor de la cáscara, la población JMC2020—513 mostró tendencia a un promedio más elevado en esta variable, un atributo clave para la selección de genotipos con mayor vida postcosecha, ya que una cáscara más gruesa se asocia con mejor resistencia al transporte y almacenamiento (Bonfim et al., 2024). Por otro lado, la población JMC2020—507 destacó con la media más alta para la longitud del fruto, un carácter

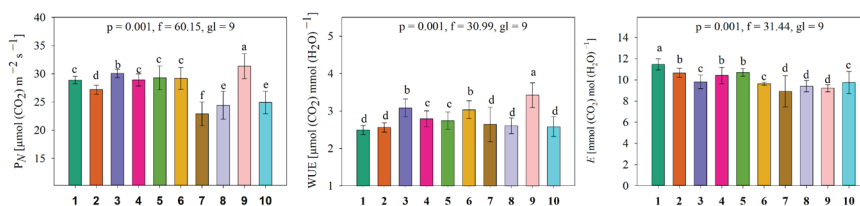


Figura 1. Tasa fotosintética (izquierda), uso eficiente del agua (centro) y transpiración (derecha) de 10 poblaciones de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de Yucatán, México. Los valores son Medias $\pm$ EE. Las medias seguidas de letras diferentes denotan diferencia significativa; Tukey ($p \leq 0.05$), $n = 10$. 1 (JMC2020—501), 2 (JMC2020—502), 3 (JMC2020—506), 4 (JMC2020—507), 5 (JMC2020—513), 6 (JMC2020—514), 7 (JMC2020—516), 8 (JMC2020—517), 9 (JMC2020—518), 10 (JMC2020—519).

relevante para programas de mejora orientados a la estandarización comercial o a la adaptación a sistemas de procesamiento industrial (da Silva et al., 2024).

Nuestros resultados fueron similares a los hallazgos de Ahamed et al. (2011) en el peso de fruto para *C. moschata* de Bangladesh, con medias de 800-4,200 g, pero menores a lo reportado por Ferriol et al. (2003) para un cultivar nativo de *C. moschata* originario de España en el peso (1,800 g) y la longitud del fruto (206 mm). Sin embargo, el grosor de la pulpa de este trabajo fue mayor (10 mm), un factor nutricionalmente significativo, ya que una pulpa más gruesa incrementa el rendimiento de materia prima para productos procesados y está correlacionada con mayores contenidos de carotenoides y sólidos solubles, componentes clave para la calidad alimentaria (Brezeanu et al., 2021). Estas diferencias inter poblaciones subrayan la importancia de caracterizar germoplasma local, pues la variabilidad observada en rasgos como el grosor de la cáscara o la pulpa podría reflejar adaptaciones específicas a condiciones edafoclimáticas o prácticas agrícolas regionales, tal como se ha documentado en bancos de germo-

plasma de *C. moschata* en Brasil y Europa (Hernandez et al., 2023; Silva et al., 2024).

Características morfológicas de semillas

El peso seco y el grosor de semilla mostraron diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones ($p \leq 0.05$) (Cuadro 4). Las poblaciones JMC2020—501 y JMC2020—516 presentaron los promedios más elevados para el peso seco de semillas (47.46-48.66 g), en cuanto al grosor de semilla, las poblaciones con los valores más altos fueron JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—507, JMC2020—514, JMC2020—516 y JMC2020—517 ($p = 0.001$, $F = 3.07$), con promedio de 8.1 a 9.23 mm.

Los valores de este trabajo fueron similares a lo reportado por Karaagac y Balkaya (2012) en algunas líneas mejoradas de *C. moschata*, con valores de peso seco de semilla de 21.7 a 39.7 g, pero en la longitud (5.0 a 5.2 mm) y el grosor de semilla (3.6 a 5.2 mm), los resultados obtenidos en la presente investigación fueron mayores. Esto sugiere que tanto las características del

Cuadro 3. Características morfológicas del fruto de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de Yucatán, México.

Población nativa	Grosor de la cáscara (mm)	Ancho del pedúnculo (mm)	No. de lóbulos	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto (mm)	Longitud del fruto (mm)	Grosor de la pulpa (mm)
JMC2020—501	2.88 ± 0.52ab	17.48 ± 3.69	11.2 ± 0.49	1103 ± 446.23	160 ± 56.32	84.4 ± 24.37b	28.68 ± 7.55
JMC2020—502	3.26 ± 0.45ab	17.24 ± 0.29	10.6 ± 0.49	813.2 ± 232.83	124 ± 26.68	113.2 ± 27.09ab	23.52 ± 1.87
JMC2020—506	2.78 ± 0.45ab	16.96 ± 3.47	10.8 ± 0.49	1044.6 ± 446.33	179.4 ± 34.42	91.2 ± 17.63ab	26.6 ± 7.56
JMC2020—507	2.34 ± 0.63ab	16.36 ± 1.25	10.2 ± 0.75	1100.4 ± 674.9	118.68 ± 26.15	146 ± 46.84a	26.1 ± 6.50
JMC2020—513	2.46 ± 0.55a	14.42 ± 3.79	10.2 ± 0.40	933.4 ± 542.92	118.62 ± 54.95	102.74 ± 14.64ab	19.3 ± 1.90
JMC2020—514	3.62 ± 1.27ab	16.18 ± 1.47	10.6 ± 1.74	1299.2 ± 424.41	139.24 ± 27.9	130 ± 16.73ab	24.52 ± 6.55
JMC2020—516	2 ± 0.30b	16.04 ± 2.71	9 ± 1.79	818.4 ± 252.58	110.8 ± 27.25	110.92 ± 10.78ab	20.32 ± 2.82
JMC2020—517	1.86 ± 0.22ab	15.62 ± 3.80	8.8 ± 1.47	1140.4 ± 354.08	118.54 ± 21.71	118.88 ± 22.07ab	22.08 ± 3.59
JMC2020—518	2.88 ± 0.93ab	16.62 ± 2.10	11.2 ± 1.17	1589.6 ± 209.73	153.9 ± 12.49	125.8 ± 18.72ab	24.56 ± 6.50
JMC2020—519	2.8 ± 1.42ab	17.2 ± 2.78	9.4 ± 1.20	768 ± 269.35	107.34 ± 27.57	109.94 ± 10.67ab	19.56 ± 3.10

Letras diferentes en una misma columna indican significan diferencias estadísticas, Tukey ($p \leq 0.05$), medias ± D.E, n = 10.

Cuadro 4. Características morfológicas de semillas de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de Yucatán, México.

Población nativa	Peso seco (g)	Longitud (mm)	Grosor (mm)
JMC2020—501	48.66 ± 15.07a	14.93 ± 1.15	9.23 ± 0.42a
JMC2020—502	26.66 ± 13.68b	13.3 ± 1.59	8.1 ± 1.62a
JMC2020—506	10.46 ± 4.74b	13.94 ± 0.49	6.79 ± 0.45b
JMC2020—507	34.72 ± 15.07b	14.98 ± 0.90	8.83 ± 0.57a
JMC2020—513	22.96 ± 10.84b	12.24 ± 0.53	7.01 ± 0.8b
JMC2020—514	23.42 ± 13.84b	13.68 ± 0.85	8.14 ± 0.49a
JMC2020—516	47.46 ± 11.10a	15.25 ± 2.38	8.86 ± 1.26a
JMC2020—517	32.08 ± 6.46b	14.65 ± 2.6	9 ± 1.76a
JMC2020—518	25.46 ± 12.65b	14.06 ± 1.26	7.55 ± 0.75b
JMC2020—519	26.62 ± 4.67b	12.94 ± 1.70	7.43 ± 0.66b

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas, Tukey ($p \leq 0.05$), medias ± D.E, n = 10.

fruto como de la semilla de las poblaciones nativas de calabaza evaluados en este estudio, tienen el potencial de identificar cultivares de interés para la producción, así como para la introducción de caracteres agronómicos deseables en un programa de mejoramiento genético de la especie. Es importante resaltar que esta especie de calabaza es ampliamente utilizada en México para el consumo de sus semillas (Martínez-Betancourt et al., 2023), por lo que las variaciones en este parámetro entre los cultivares estudiados son de gran importancia para la especie.

Calidad nutrimental del fruto

En la composición nutrimental se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre poblaciones para todas las variables (Cuadro 5). El contenido de cenizas se encontró en el rango de 3.89-9.01 %, las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—514 y JMC2020—517 fueron estadísticamente iguales entre ellas y presentaron los valores más elevados de esta variable, que fueron superiores a los reportados por Indrianingsih et al. (2019) para la pulpa de *C. moschata* (4.32 %) y *C. maxima* Duchesne (6.68 %), y por lo encontrado por Jahan et al. 2023 (3.60 %) en pulpa de *C. maxima*. Para los contenidos de grasa (1.36 %) y fibra (12.20 %), los frutos de la población JMC2020—506 resultaron estadísticamente diferentes al resto de las poblaciones, superándolas significativamente en ambas variables. Así mismo, los contenidos resultaron superiores a lo reportado por Armesto et al. (2020) para contenido de grasa en *C. moschata* variedad Ariel (0.12 %) y Pluto (0.17 %), y fibra,

en donde la variedad Ariel presentó 2.20 % y Pluto 2.97 %, mientras que Amin et al. (2019) reportaron valor de 1.5 % de fibra para la variedad autóctona de *C. maxima*.

En cuanto al contenido de proteína, las poblaciones JMC2020—502, JMC2020—516 y JMC2020—519 fueron estadísticamente iguales entre ellas y presentaron el porcentaje más alto de esta variable con un promedio de 5.81 %, valores superiores a lo reportado por Armesto et al. (2020) para *C. moschata* var. Ariel (0.76 %) y Pluto (1.45 %), y por lo observado por Indrianingsih et al. (2019) para *C. moschata* (3.99 %); pero similares a los contenidos de *C. maxima* (5.76 %) encontrados por Jahan et al. (2023). Las diferencias en la composición de las variedades de calabaza se deben probablemente a la fertilidad del suelo, la variedad, el estado de madurez, el clima, entre otros (Iwasaki y Matsumura, 1999). Los hallazgos de esta investigación revelaron gran variabilidad en la calidad nutrimental del fruto y se observó que las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—506, JMC2020—514, JMC2020—516, JMC2020—517 y JMC2020—519, podrían servir como fuente de genes para desarrollar variedades mejoradas que respondan a las necesidades del agricultor, el mercado o el consumidor.

Calidad nutracéutica del fruto

Con relación a los compuestos nutracéuticos de *C. moschata*, el ANOVA indicó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para todas las variables, excepto para la actividad antioxidante y el contenido de fenoles

Cuadro 5. Contenido nutrimental de frutos de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de la península de Yucatán, México.

Poblaciones nativas	Cenizas (%)	Grasas (%)	Proteína (%)	Fibra (%)
JMC2020—501	8.54±0.03e	0.37±0.15ab	2.81±0.11b	4.94±0.08a
JMC2020—502	5.49±0.12cd	0.15±0.12a	5.81±0.11c	4.30±0.01a
JMC2020—506	9.01±4.21bcd	1.36±0.51e	1.92±0.35ab	12.20±0.43g
JMC2020—507	5.49±0.11bc	0.61±0.48c	2.50±0.10ab	8.54±0.02c
JMC2020—513	5.30±0.07bc	0.41±0.42bc	1.34±0.32a	7.58±0.03b
JMC2020—514	8.34±0.18e	0.64±0.39c	1.98±0.44ab	11.39±0.14f
JMC2020—516	6.21±0.11d	0.65±0.01c	4.84±0.96c	10.69±0.38e
JMC2020—517	8.20±0.46e	0.60±0.22c	2.27±0.76ab	9.11±1.37c
JMC2020—518	4.98±0.20b	0.43±0.20bc	3.31±0.00b	9.38±0.23d
JMC2020—519	3.89±0.53a	1.05±0.27d	5.37±0.61c	8.81±0.30cd

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p \leq 0.05$), medias $\pm$ D.E, n=3.

(Cuadro 6). Las poblaciones evaluadas en este estudio presentaron mayor potencial (130.34-143.94 μmol . 100 g^{-1} ET) para contrarrestar radicales libres en comparación a lo reportado por Mokhtar et al. (2020) para *C. moschata* en tres estados de madurez: tierno (6.7 μmol 100 g^{-1} ET), maduro (7.4 μmol 100 g^{-1} ET) y sobremaduro (5.5 μmol 100 g^{-1} ET). Las diferencias en los resultados podrían atribuirse a que el nivel de compuestos activos se ve afectado por el cultivar de calabaza, que determina sus propiedades antioxidantes (Kulczyński et al., 2020).

En cuanto a los flavonoides, los frutos de las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—514 y JMC2020—516, fueron estadísticamente iguales entre sí y presentaron los promedios más elevados de esta variable (3.29-3.42 mg . 100 g^{-1}), aunque los valores fueron menores a lo reportado por Jacobo-Valenzuela et al. (2011) para *C. moschata* (138 mg . 100 g^{-1}); estas poblaciones destacan porque la presencia de los flavonoides le confieren a los frutos u hortalizas una importante actividad antioxidante ya que son compuestos importantes por su capacidad para donar átomos de hidrógeno que pueden neutralizar radicales libres (Mokhtar et al., 2020).

Respecto a la vitamina C, las poblaciones JMC2020—502, JMC2020—513, JMC2020—516, JMC2020—517, JMC2020—518 y JMC2020—519 (19.78-23.80 mg . 100 g^{-1}), resaltaron con los contenidos más altos de este metabolito, el cual resulta beneficioso para la salud humana por su efecto antioxidante que inhibe enfermedades como el cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y neurológicas (Ezin et al., 2022).

Estos valores concuerdan con lo encontrado por Roura et al. (2007) para la pulpa de *C. moschata* (22.87 mg . 100 g^{-1}), y fueron superiores a lo encontrado por Pevicharova y Velkov (2017) (6.05-7.38 mg . 100 g^{-1}) para *C. moschata* originarios de Bolivia, Bulgaria y Estados Unidos.

En la determinación de los carotenoides, las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502 y JMC2020—514, fueron iguales estadísticamente y resaltaron en contenido (Cuadro 6). Mbogne et al. (2015) mencionan que los carotenoides juegan un papel importante para reducir daños al ADN, con la reducción de la peroxidación de lípidos y a su vez mantienen la función inmune del cuerpo humano. Asimismo, estos autores reportaron valores superiores de este metabolito para *C. moschata* (25.83-339.25 mg . g^{-1}) en comparación con los de este estudio, mientras que Ortiz et al. (2015) evaluaron introducciones de *C. moschata* en dos localidades, reportando un contenido de 600 μg . g^{-1} , valores menores a este estudio. Los diferentes resultados se deben a diversos factores, ya que es bien sabido que la biosíntesis de los carotenoides incrementa con el grado de madurez de los frutos y hortalizas carotenogénicas, asimismo la biosíntesis y metabolismo de los carotenoides puede verse significativamente afectado por las diferencias en el ambiente de crecimiento como la temperatura, disponibilidad de nutrientes, el suelo, intensidad de radiación solar y tiempo de cosecha (Hamdi et al., 2017).

Los contenidos de fenoles se encontraron en un rango de 7.93 a 13.15 mg EAG g^{-1} (m.s) valores superiores a lo reportado por Hussain et al. (2021) para pulpa de *C. maxima* (1.34 mg EAG g^{-1} m.s), y a los encontrados

Cuadro 6. Contenido nutracéutico de frutos de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de Yucatán, México.

Población nativa	Actividad antioxidante ($\mu\text{mol. } 100^{-1} \text{ g ET}$)	Flavonoides ($\text{mg. } 100 \text{ g}^{-1}$)	Vitamina C ($\text{mg. } 100 \text{ g}^{-1}$)	Carotenoides (mg. g^{-1})	Fenoles (mg GAE g^{-1})
JMC2020—501	143.94 $\pm$ 18.37	3.30 $\pm$ 0.03d	12.06 $\pm$ 0.08a	3.20 $\pm$ 0.29de	8.98 $\pm$ 0.19
JMC2020—502	130.34 $\pm$ 3.70	3.29 $\pm$ 0.29d	21.40 $\pm$ 1.57cd	3.55 $\pm$ 0.34e	9.24 $\pm$ 0.19
JMC2020—506	138.29 $\pm$ 4.25	1.63 $\pm$ 0.45ab	18.37 $\pm$ 2.29bc	1.91 $\pm$ 0.14abc	13.15 $\pm$ 3.15
JMC2020—507	131.09 $\pm$ 3.18	2.46 $\pm$ 0.30c	14.37 $\pm$ 0.47ab	2.60 $\pm$ 0.30cd	12.06 $\pm$ 0.95
JMC2020—513	131.98 $\pm$ 1.85	2.06 $\pm$ 0.11bc	23.80 $\pm$ 3.11d	1.70 $\pm$ 0.41ab	7.93 $\pm$ 1.03
JMC2020—514	132.78 $\pm$ 11.03	3.42 $\pm$ 0.31d	20.10 $\pm$ 0.19cd	3.31 $\pm$ 0.38de	11.87 $\pm$ 1.34
JMC2020—516	140.08 $\pm$ 22.04	2.66 $\pm$ 0.49cd	21.89 $\pm$ 2.04cd	2.54 $\pm$ 0.34bcd	11.42 $\pm$ 2.63
JMC2020—517	135.79 $\pm$ 8.65	1.36 $\pm$ 0.07ab	19.97 $\pm$ 1.10cd	1.17 $\pm$ 0.22a	11.29 $\pm$ 2.18
JMC2020—518	130.60 $\pm$ 5.13	1.25 $\pm$ 0.16a	21.14 $\pm$ 1.71cd	1.40 $\pm$ 0.10a	9.97 $\pm$ 0.32
JMC2020—519	136.45 $\pm$ 15.40	1.88 $\pm$ 0.10abc	19.78 $\pm$ 1.17cd	1.38 $\pm$ 0.53a	10.46 $\pm$ 2.05

Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ($p \leq 0.05$), medias $\pm$ D.E, n=3.

en *C. moschata* por Stryjecka et al. (2023) (4.77 mg EAG g^{-1}), asimismo Telesiński et al. (2014) reportaron valores menores a los de este estudio para cuatro variedades de *C. moschata* de 0.99, 0.84, 0.79 y 0.73 mg GAE $\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ para Kurinishiki, Muskatna, Butternut Rugosa y Muscade de Provence, respectivamente. Estos resultados demuestran que las poblaciones de *C. moschata* son buena fuente de fenoles totales y pueden exhibir alta actividad antioxidante.

Nuestros hallazgos sugieren que *C. moschata* es fuente rica de compuestos con valor nutritivo y nutraceutico, de los 10 descriptores de calidad nutrimental y nutraceutica medidas en el fruto, 8 resultaron significativos, principalmente las poblaciones JMC2020—502 y JMC2020—514 fueron sobresalientes en el contenido de flavonoides, vitamina C, carotenoides y proteína, debido a esto podrían ser elegibles para programas de mejoramiento de *C. moschata* lo que convierten al fruto en un alimento funcional que podría contribuir a la prevención de enfermedades crónico degenerativas como la diabetes, cáncer e hipertensión entre otras, debido a la acción de los fitoquímicos presentes, que tienen la habilidad de reducir el daño causado por la peroxidación (Hussain et al., 2021).

Agrupamiento y similitud entre cultivares

El ACP permitió identificar seis componentes principales (CP) que, en conjunto, explicaron el 89.914% de

la variabilidad total acumulada (Cuadro 7). El CP1 (22.551% de la varianza) estuvo asociado con la morfología del fruto y la eficiencia fotosintética, destacándose variables como el número de lóbulos (0.886), el diámetro del fruto (0.877) y la tasa fotosintética (0.888), el CP2 (20.394%) reflejó características de las semillas, con altas cargas en el peso seco de semilla por fruto (0.832) y el grosor de la semilla (0.891), el CP3 (16.851%) se relacionó con la arquitectura de la planta, influenciado por el número de ramas (0.806) y la longitud del fruto (0.665), el CP4 (11.625%) destacó por su asociación con compuestos nutricionales, como el contenido de fenoles (0.932) y grasa (0.876), mientras que el CP5 (9.869%) estuvo dominado por características foliares, como el ancho (0.910) y la longitud de la hoja (0.918), por último el CP6 (8.036%) se vinculó con compuestos bioactivos, como flavonoides (0.927) y carotenoides (0.459).

Así mismo, la representación bidimensional de los componentes reveló relaciones entre las variables y las poblaciones nativas de calabaza (Figura 2). Se identificaron tres componentes principales, el primero fue el más distintivo y englobó a las poblaciones JMC2020—501 (1) y JMC2020—502 (2) asociadas al contenido de carotenoides, flavonoides, cenizas, transpiración y grosor de la pulpa. El segundo componente estuvo representado por las poblaciones JMC2020—506 (6), JMC2020—507 (9), JMC2020—5013 (5) y JMC2020—5014 (3), con variables clave que incluyeron el número de hojas, el peso del fruto, el ancho de la hoja, longitud de

Cuadro 7. Varianza explicada en ACP por seis componentes principales derivados de 29 caracteres agronómicos, fisiológicos, nutrimentales y nutraceuticos de 10 poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) y contribuciones de las variables originales de cada componente.

Ejes	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Valor propio	6.540	6.071	4.887	3.373	2.859	2.345
Proporción de variación explicada (%)	22.551	20.934	16.851	11.633	9.860	8.085
Proporción de variación acumulativa (%)	22.551	43.485	60.336	71.969	81.829	89.914
Número de hojas	0.276	-0.649	-0.518	-0.205	0.374	0.141
Longitud del peciolo (mm)	0.087	-0.020	-0.031	-0.770	0.449	0.108
Ancho de hoja (cm)	-0.026	-0.273	0.092	0.127	0.910	-0.103
Longitud de hoja (cm)	-0.049	-0.128	0.157	-0.226	0.918	0.170
Número de ramas	-0.360	0.134	0.805	0.259	0.304	-0.111
Longitud del ápice (cm)	0.128	0.146	0.769	-0.024	-0.138	-0.024
Longitud de la guía central (cm)	0.244	-0.713	-0.415	0.005	0.428	-0.034
Grosor de la corteza (mm)	0.494	-0.446	0.094	-0.056	0.028	0.635
Ancho del pedúnculo (mm)	0.347	0.229	-0.098	0.194	-0.060	0.238
Número de lóbulos	0.886	-0.207	-0.112	-0.218	0.017	0.256
Peso del fruto (g)	0.755	0.106	0.500	-0.082	-0.085	-0.151
Diámetro del fruto (mm)	0.877	0.004	-0.212	0.253	0.293	0.015
Longitud del fruto (mm)	-0.094	0.011	0.665	0.047	-0.700	0.086
Grosor de la pulpa (mm)	0.806	0.399	-0.228	0.152	-0.175	0.261
Peso seco de semilla por fruto (g)	-0.267	0.832	0.043	-0.405	0.115	0.127
Longitud de semilla (mm)	0.101	0.918	0.155	0.222	-0.050	0.017
Grosor de semilla (mm)	-0.183	0.891	0.053	-0.194	-0.196	0.271
Tasa fotosintética (PN)	0.888	-0.344	-0.042	-0.122	-0.129	0.024
Uso eficiente del agua (WUE)	0.652	-0.339	0.559	0.218	0.046	-0.201
Tasa de transpiración (E)	0.254	0.015	-0.743	-0.454	-0.195	0.284
Actividad antioxidante (μmol 100-1 ET)	-0.105	0.565	-0.338	0.299	0.640	-0.074
Flavonoides (mg. 100 g-1)	-0.037	0.189	-0.140	-0.211	0.039	0.927
Vitamina C (mg. 100 g-1)	-0.454	-0.655	0.362	-0.111	0.277	-0.111
Carotenoides (mg. g-1)	0.121	0.182	-0.128	-0.128	-0.045	0.928
Fenoles (mg EAG g-1)	0.061	0.194	0.234	0.933	-0.147	0.034
Proteína (%)	-0.461	0.003	0.190	-0.122	-0.014	0.161
Grasa (%)	0.004	-0.154	-0.067	0.876	0.169	-0.305
Fibra (%)	0.069	-0.124	0.460	0.750	0.269	-0.154
Cenizas (%)	0.125	0.555	-0.121	-0.021	0.186	0.459

la guía central, eficiencia del uso del agua y la longitud de la hoja. Por último, el tercer componente incluyó a las poblaciones JMC2020—5016 (4), JMC2020—5017 (10), JMC2020—5018 (8), JMC2020—5019 (7), las que se relacionaron con el número de ramas, longitud del ápice, longitud del fruto, contenido de proteína, actividad antioxidante y longitud de semilla.

El análisis de conglomerados fue consistente con el ACP, lo que evidencia fuerte similitud entre las poblaciones de calabazas nativas, con una correlación cofenética de 0.83. Este análisis agrupó las poblaciones en tres grupos de similitud, con una distancia euclidiana de 10 unidades (Figura 3). El Grupo I incluyó las poblaciones JMC2020—514 y JMC2020—518, las

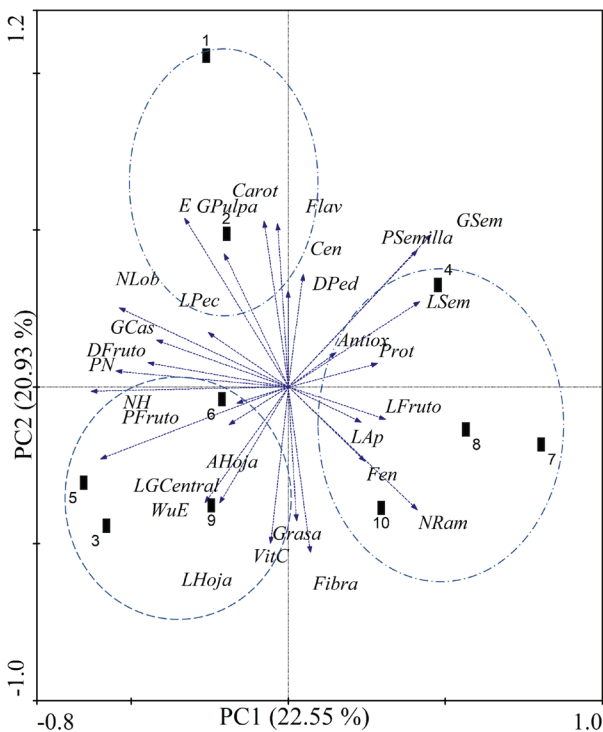


Figura 2. Representación bidimensional del análisis de componentes principales de 10 cultivares nativos de calabaza. 1 = JMC2020—501, 2 = JMC2020—502, 3 = JMC2020—506, 4 = JMC2020—507, 5 = JMC2020—513, 6 = JMC2020—514, 7 = JMC2020—516, 8 = JMC2020—517, 9 = JMC2020—518, 10 = JMC2020—519. Número de hojas (NH), longitud del peciolo (LPec), ancho de la hoja (Ahoja), longitud de la hoja (LHoja), número de ramas (NRam), longitud del ápice (LAp), longitud de la guía central (LGCentral), grosor de la cáscara (GCas), diámetro del pedúnculo (DPed), número de lóbulos (NLob), peso del fruto (PFruto), diámetro (DFruto) y longitud del fruto (LFruto), grosor de la pulpa (GPulpa), peso seco de la semilla por fruto (PSemilla), longitud (LSem) y grosor de la semilla (GSem), tasa fotosintética (P_n), la eficiencia en el uso del agua (WUE) y la tasa de transpiración (E), actividad antioxidante (Antiox), flavonoides (Flav), vitamina C (VitC), carotenoides (Carot), fenoles (Fen), proteína (Prot), grasa (Grasa), fibra (Fibra) y cenizas (Cen).

cuales mostraron una estrecha correspondencia con los componentes principales CP2 y CP3, asociándose principalmente con el peso del fruto y la eficiencia fisiológica. El Grupo II estuvo representado por las poblaciones JMC2020—A502, JMC2020—516 y JMC2020—519, alineándose con rasgos fisiológicos y el contenido de fenoles, vinculados al CP3. Finalmente, el Grupo III aglomeró a las poblaciones JMC2020—506, JMC2020—513, JMC2020—501, JMC2020—507 y JMC2020—519, reflejando rasgos asociados al CP2, como la transpiración, el contenido de carotenoides y características estructurales de la planta, como el número de hojas y la longitud de la guía. Estos resultados respaldan la diversidad y las relaciones entre las poblaciones, y destaca patrones específicos en función de sus características fisiológicas, bioquímicas y morfológicas.

Estos resultados sugieren que cada población puede presentar ventajas para mejorar diferentes caracteres. Las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—506, JMC2020—JMC514, y JMC2020—518, son útiles para mejorar las características del fruto; mientras que JMC2020—507 es beneficiosa para los caracteres de la semilla. Además, la población JMC2020—513 podría sugerirse para mejorar los caracteres vegetativos de las plantas. Cabe mencionar que los compuestos bioactivos como carotenoides, flavonoides y fenoles desempeñaron un papel importante entre estas poblaciones, lo que refleja su importancia nutraceutica. Además, los rasgos fisiológicos como la transpiración y la eficiencia en el uso del agua (WUE) estuvieron fuertemente vinculados al desempeño del intercambio de gases, destacando su relevancia en la adaptabilidad ambiental. Las características morfológicas como el número de hojas, la longitud de la rama central y el peso de la fruta y de la hoja, influyeron en la clasificación de los cultivares, mostrando así sus implicaciones en el rendimiento potencial de las poblaciones nativas.

En resumen, estos rasgos subrayan la importancia tanto agronómica como nutricional de las poblaciones nativas evaluadas, y proporcionan información sobre su potencial para el cultivo sostenible y la conservación de esta especie. Se ha sugerido que la diversidad genética es un requisito indispensable para el cambio evolutivo en todo tipo de organismos (Begna, 2021). Los cultivares que carecen de variación genética no pueden evolucionar en respuesta a nuevas condiciones ambientales, como el cambio climático, o desafíos biológicos, como las plagas, y por lo tanto pueden enfrentar un mayor riesgo de extinción (Chung et al., 2023). También

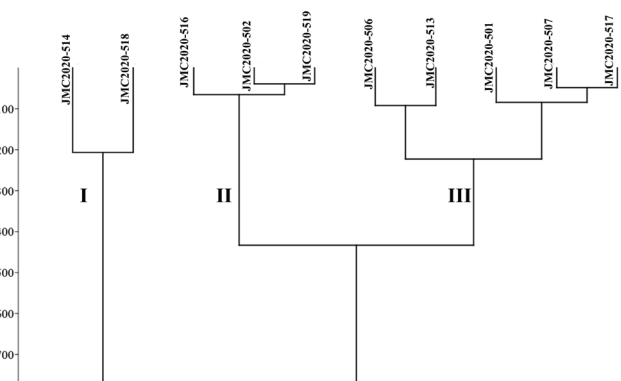


Figura 3. Dendrograma UPGMA de poblaciones nativas de calabaza (*Cucurbita moschata*) originarias de Yucatán, México.

es necesario obtener los caracteres apropiados para la selección en la progenie. Por lo tanto, la identificación de marcadores para la selección debe ser uno de los primeros pasos en un programa de mejoramiento. En este estudio, se detectaron asociaciones entre variables que pueden ser útiles para seleccionar progenies resultantes de programas de mejoramiento en esta especie, particularmente en progenies derivadas de los progenitores de los cultivares en este estudio. Del mismo modo, las relaciones entre las variables estudiadas permiten la selección de aquellas más útiles para identificar cultivares superiores. Por ejemplo, Chí-Sánchez et al. (2020) destacaron la importancia de identificar genotipos con adecuada producción de semillas para este propósito. En nuestro estudio, las relaciones mostraron que los caracteres número de hojas, longitud de guía, longitud de pecíolo, longitud de hoja y ancho de hoja se correlacionan inversamente con los caracteres de las semillas. Este patrón permitiría utilizar estos caracteres como marcadores morfoagronómicos, ya que cuando uno aumentó, los otros disminuyeron. De igual forma, el número de ramas respondió inversamente con los caracteres morfológicos del fruto, lo que puede ser un indicador para la selección indirecta de caracteres del fruto antes de la cosecha.

Finalmente, el análisis de conglomerados reveló tres grupos. Sin embargo, estos no se agruparon según la ubicación de recolección, lo que sugiere que las características morfológicas y fisiológicas de los cultivares no siguen un patrón definido en función de las condiciones locales de desarrollo. La agrupación se ajustó debido a la similitud de las características intrínsecas de cada población. Estos resultados se suman al conocimiento actual sobre la gran diversidad morfológica de cultivares nativos de calabaza en la Península de Yucatán (Canul-Ku et al., 2005). Se espera que esta información sea útil para estudios futuros enfocados en la valorización de cultivos nativos y su potencial para la producción sustentable de alimentos. Las poblaciones nativas se destacaron por sus características de fruto, planta y semilla, lo que permite el uso de diferentes grupos con fines productivos al incorporar las poblaciones estudiadas al programa de mejoramiento de la especie.

CONCLUSIONES

La variabilidad morfológica entre poblaciones de calabaza, *C. moschata*, se confirmó para la mayoría de las variables evaluadas, los valores de las características morfo agronómicas de planta fueron más altos en las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—506 y JMC2020—513, para variables de fruto y semilla sobresalieron JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—506, JMC2020—514, JMC2020—516, JMC2020—517 y JMC2020—514. En las características fisiológicas se observó que la población JMC2020—518 presentó los valores más altos de tasa fotosintética y de uso eficiente del agua. Se logró identificar que las poblaciones JMC2020—501, JMC2020—502, JMC2020—513, JMC2020—514, JMC2020—516, JMC2020—517, JMC2020—518 y JMC2020—519 presentaron características de calidad nutrimental y nutracéutica sobresalientes. Este estudio resalta la importancia de caracterizar el germoplasma de la calabaza de Yucatán con fines de conservación y manejo sostenible de recursos genéticos. Los resultados revelaron el potencial de las poblaciones estudiadas para incluirlas en programas de mejora de germoplasma.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México (Proyecto 15069.22-P) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Proyecto Fomix 2018-2003-01-119959) por el financiamiento del proyecto.

LITERATURA CITADA

- Ahamed, K. U., Akhter, B., Islam, M. R., Ara, N., & Humauan, M. R. (2011). An assessment of morphology and yield characteristics of pumpkin (*Cucurbita moschata*) genotypes in northern Bangladesh. *Tropical Agricultural Research and Extension*, 14(1), 7-11. <https://doi.org/10.4038/tare.v14i1.4834>
- Amin, M. Z., Islam, T., Uddin, M. R., Uddin, M. J., Rahman, M. M., & Satter, M. A. (2019). Comparative study on nutrient contents in the different parts of indigenous and hybrid varieties of pumpkin (*Cucurbita*

- maxima* Linn.). *Heliyon*, 5(9), e02462. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02462>
- Armesto, J., Rocchetti, G., Senizza, B., Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., Lucini, L., & Lorenzo, J. M. (2020). Nutritional characterization of Butternut squash (*Cucurbita moschata* D.): Effect of variety (Ariel vs. Pluto) and farming type (conventional vs. organic). *Food Research International*, 132, 109052. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109052>
- Association of Official Analytical Chemists. (2000). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of Official Analytical Chemists.
- Begna, T. (2021). Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. *Journal of Agricultural Sciences and Food Technology*, 7(1), 164-169. <https://doi.org/10.17352/2455-815X.000104>
- Bisognin, D. A. (2002). Origin and evolution of cultivated cucurbits. *Ciência Rural*, 32(5), 715-723. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782002000400028>
- Bonfim, W. M. D., de Lima, M. A. C., Costa, C. dos S. R., Borges, R. M. E., da Silva, B. F. R., de Oliveira, T. G. B. S., & de Mendonça Junior, A. F. (2024). Recurrent selection of pumpkin (*Cucurbita moschata*) genotypes to increase fruit quality. *Euphytica*, 220, 156. <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03411-5>
- Brezeanu, P. M., Brezeanu, C., Ambarus, S., Cristea, T. O., & Calin, M. (2021). Studies on documentation, evaluation and use of *Cucurbita moschata* genetic resources. *Acta Horticulturae*, 1326, 209-214. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1326.28>
- Canul-Ku, J., Ramírez-Vallejo, P., Castillo-González, F., & Chávez-Servia, J. L. (2005). Diversidad morfológica de calabaza cultivada en el centro-oriente de Yucatán, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 28(4), 339-349. <https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.339>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 3. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Chí-Sánchez, F. A., Alvarado-López, C. J., Cristóbal-Alejo, J., & Reyes-Ramírez, A. (2020). Características morfológicas y determinación de minerales por μ -XRF en fruto de calabaza (*Cucurbita moschata* Duch.). *Agrociencia*, 54(5), 683-690. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i5.2125>
- Chung, M. Y., Merilä, J., Li, J., Mao, K., López-Pujol, J., Tsumura, Y., & Chung, M. G. (2023). Neutral and adaptive genetic diversity in plants: An overview. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1116814. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1116814>
- Coyac, J. L., Molina, J. D., García, J. J., & Serrano, L. M. (2013). La selección masal permite aumentar el rendimiento sin agotar la variabilidad genética aditiva en el maíz Zacatecas 58. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 36(1), 53-62. <https://doi.org/10.35196/rfm.2013.1.53>
- da Silva, N. C., de Queiróz, M. A., & Barbosa, B. L. R. (2024). Evaluation and morpho-agronomic characterization of pumpkin accessions from the semiarid region of the northeast of Brazil. *Revista Caatinga*, 37, e11614. <https://doi.org/10.1590/1983-21252024v37n11614rc>
- de Oliveira, R. L., Gonçalves, L. S. A., Rodrigues, R., Baba, V. Y., Sudré, C. P., Santos, M. H. dos, & Aranha, F. M. (2016). Genetic divergence among pumpkin landraces. *Semina: Ciências Agrárias*, 37(2), 547-556. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p547>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2008). InfoStat, versión 2008. Universidad Nacional de Córdoba.
- Dien, J., Beal, D. J., & Berg, P. (2005). Optimizing principal components analysis of event-related potential analysis: Matrix type, factor loading weighting, extraction, and rotations. *Clinical Neurophysiology*, 116(8), 1808-1825. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.11.025>
- Dürüst, N., Sümengen, D., & Dürüst, Y. (1997). Ascorbic acid and element contents of foods of Trabzon (Turkey). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(6), 2085-2087. <https://doi.org/10.1021/jf9606159>
- Esquinas-Alcázar, J. T., & Gulick, P. J. (1983). Genetic resources of Cucurbitaceae: A global report. International Board for Plant Genetic Resources.
- Ezin, V., Gbemenou, U. H., & Ahanchede, A. (2022). Characterization of cultivated pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne) landraces for genotypic variance, heritability and agro-morphological traits. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3661-3674. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.02.057>
- Ferriol, M., Picó, M. B., & Nuez, F. (2003). Genetic diversity of some accessions of *Cucurbita maxima* from Spain using RAPD and SBAP markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50(3), 227-238. <https://doi.org/10.1023/A:1023502925766>

- Galluzzi, G., Van Duijvendijk, C., Collette, L., Azzu, N., & Hodgkin, T. (2010). Biodiversity for food and agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Platform for Agrobiodiversity Research.
- González-Moreno, A., Bordera, & S., Delfín-González, H. (2015). Spatio-temporal diversity of Cryptinae (Hymenoptera, Ichneumonidae) assemblages in a protected area of southeast Mexico. *Journal of Insect Conservation*, 19, 1153-1161. <https://doi.org/10.1007/s10841-015-9830-1>
- Hamdi, K., Ben-Amor, J., Mokrani, K., Mezghanni, N., & Tarchoun, N. (2017). Assessment of the genetic diversity of some local squash (*Cucurbita maxima* Duchesne) populations revealed by agro-morphological and chemical traits. *Journal of New Sciences, Agriculture and Biotechnology*, 42(5), 2306-2317.
- Hernandez, C. O., Labate, J., Reitsma, K., Fabrizio, J., Bao, K., Fei, Z., Grumet, R., & Mazourek, M. (2023). Characterization of the USDA *Cucurbita pepo*, *C. moschata*, and *C. maxima* germplasm collections. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1130814. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1130814>
- Hussain, A., Kausar, T., Din, A., Murtaza, M. A., Jamil, M. A., Noreen, S., Rehman, H. U., Shabbir, H., & Ramzan, M. A. (2021). Determination of total phenolic, flavonoid, carotenoid, and mineral contents in peel, flesh, and seeds of pumpkin (*Cucurbita maxima*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, e15542. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15542>
- Indrianingsih, A. W., Rosyida, V. T., Apriyana, W., Hayati, S. N., Nisa, K., Darsih, C., Indirayati, N., Kusumaningrum, A., & Raith, D. (2019). Comparisons of antioxidant activities of two varieties of pumpkin (*Cucurbita moschata* and *Cucurbita maxima*) extracts. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 251(1), 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/251/1/012021>
- Iwasaki, K., & Matsumura, A. (1999). Effect of silicon on alleviation of manganese toxicity in pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch. cv. Shintosa). *Soil Science and Plant Nutrition*, 45(4), 909-920. <https://doi.org/10.1080/00380768.1999.10414340>
- Jacobo-Valenzuela, N., Zazueta-Morales, J. de J., Gallegos-Infante, J. A., Aguilar-Gutiérrez, F., Camacho-Hernández, I. L., Rocha-Guzmán, N. E., & González-Laredo, R. F. (2011). Chemical and physicochemical characterization of winter squash (*Cucurbita moschata* D.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(1), 34-40. <https://doi.org/10.15835/nbha3915848>
- Jahan, F., Islam, M. B., Moulick, S. P., Al Bashera, M., Hasan, M. S., Tasnim, N., Saha, T., Boby, F., Waliullah, M., Saha, A. K., Hossain, A., Ferdousi, L., Rahman, M. M., Saha, B. K., & Huda Bhuiyan, M. N. (2023). Nutritional characterization and antioxidant properties of various edible portions of *Cucurbita maxima*: A potential source of nutraceuticals. *Heliyon*, 9(6), e16845. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16628>
- Karaağaç, O., & Balkaya, A. (2012). Interspecific hybridization and hybrid seed yield of winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) and pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) lines for rootstock breeding. *Scientia Horticulturae*, 149(4), 9-12. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.021>
- Kiramana, J. K., & Isutsa, D. K. (2017). Morphological characterization of naturalized pumpkin (*Cucurbita moschata* (Lam.) Poir.) accessions in Kenya. *African Journal of Horticultural Science*, 12, 61-83.
- Kulczyński, B., Sidor, A., & Gramza-Michałowska, A. (2020). Antioxidant potential of phytochemicals in pumpkin varieties belonging to *Cucurbita moschata* and *Cucurbita pepo* species. *CyTA-Journal of Food*, 18(1), 472-484. <https://doi.org/10.1080/19476337.2020.1778092>
- Lira, R., Eguiarte, L., Montes, S., Zizumbo-Villarreal, D., Marín, P. C. G., & Quesada, M. (2016). *Homo sapiens-Cucurbita* interaction in Mesoamerica: Domestication, dissemination, and diversification. En Lira, R., Casas, A., & Blancas, J. (Eds.), *Ethnobotany of Mexico. Ethnobiology* (pp. 389-401). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_15
- Martínez-Betancourt, S. del R., López-Martínez, L. A., Rössel-Kipping, E. D., Loera-Alvarado, G., Ortiz-Laurel, H., Amante-Orozco, A., & Durán-García, H. M. (2023). Parámetros tecnológicos de interés agroindustrial de las semillas de calabaza de Castilla (*C. moschata*) y calabaza hedionda (*A. undulata*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 25(2), 73-82. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.466>
- Mbogne, J. T., Oburi, N. W., Emmanuel, Y., & Godswill, N. (2015). Influence of conditioning and storage materials on the germination potential of pumpkin (*Cucurbita* spp.) seeds. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*, 2(4), 65-75.

- Medrano, H., Bota, J., Cifre, J., Flexas, J., Ribas-Carbó, M., & Gulías, J. (2007). Eficiencia en el uso del agua por las plantas. *Investigaciones Geográficas*, (43), 63-84. <https://doi.org/10.14198/INGEO2007.43.04>
- Miljić, M., Rocchetti, G., Krstić, S., Mišan, A., Brdar-Jokanović, M., Marcheggiani, F., Martinelli, E., Lucini, L., & Damiani, E. (2021). Comparative in vitro antioxidant capacity and terpenoid profiling of pumpkin fruit pulps from a Serbian *Cucurbita maxima* and *Cucurbita moschata* breeding collection. *Antioxidants*, 10(10), 1580. <https://doi.org/10.3390/antiox10101580>
- Mokhtar, S. M., Adnan, N. A. A., Shazali, N. M., & Ahmad, N. (2020). Why are students involved in eLearning? A reasoning study at Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM). *International Journal of Education and Pedagogy*, 2(1), 152-127.
- Muñoz-Falcón J. E., Correa-Álvarez, E. M., León-Pacheco, R. I., Gómez-Correa, J. C., Florez-Cordero, E. D., & Aramendiz-Tatis, H. (2024). Morpho-agronomical characterization of squash (*Cucurbita moschata* Duchesne) accessions in the Caribbean region of Colombia. *Bioagro*, 36(3), 359-374. <https://doi.org/10.51372/bioagro363.10>
- Nayak, B., Dahmoune, F., Moussi, K., Remini, H., Dairi, S., Aoun, O., & Khodir, M. (2015). Comparison of microwave, ultrasound, and accelerated-assisted solvent extraction for recovery of polyphenols from *Citrus sinensis* peels. *Food Chemistry*, 187, 507-516. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.081>
- Orsenigo, S., Abeli, T., Cauzzi, P., Guzzon, F., Ardenghi, N., Rossi, G., & Vagge, I. (2018). Morphological characterization of *Cucurbita maxima* Duchesne (Cucurbitaceae) landraces from the Po Valley (Northern Italy). *Italian Journal of Agronomy*, 13(4), 963. <https://doi.org/10.4081/ija.2018.963>
- Ortiz G., S., Valdés R., M. P., Vallejo C., F. A., & Baena G., D. (2015). Genetic correlations and path analysis in butternut squash *Cucurbita moschata* Duch. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), 7399-7409. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47827>
- Paris, H. S., Lebeda, A., Krstikova, A., Andres T. C., & Nee M. (2012). Parallel evolution under domestication and phenotypic differentiation of the cultivated subspecies of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *Economic Botany*, 66(1), 71-90. <https://doi.org/10.1007/s12231-012-9186-3>
- Pevcharova, G., & Velkov, N. (2017). Sensory, chemical and morphological characterization of *Cucurbita maxima* and *Cucurbita moschata* genotypes from different geographical origins. *Genetika*, 49(1), 193-202. <https://doi.org/10.2298/GENSR1701193P>
- Radwan, D. E. M., Fayez, K. A., Mahmoud, S. Y., Hamad, A., & Lu, G. (2006). Salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by zucchini yellow mosaic virus infection in *Cucurbita pepo* leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 69(4-6), 172-181. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2007.04.004>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- Rodríguez R., R., Valdés R., M., & Ortiz G., S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 10(1), 86-97. <https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>
- Rodríguez-Amaya, R., Montes-Hernández, S., Rangel-Lucio, J. A., Mendoza-Elos, M., & Latournerie-Moreno, L. (2009). Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* Huber). *Agricultura Técnica en México*, 35(4), 379-389.
- Roura, S. I., Del Valle, C. E., Agüero, L., & Davidovich, L. A. (2007). Changes in apparent viscosity and vitamin C retention during thermal treatment of butternut squash (*Cucurbita moschata* Duch) pulp: effect of ripening stage. *Journal of Food Quality*, 30(4), 538-551. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00141.x>
- Sánchez-de la Vega, G., Castellanos-Morales, G., Gámez, N., Hernández-Rosales, H. S., Vázquez-Lobo, A., Aguirre-Planter, E., Montes-Hernández, S., Lira-Saade, R., Jaramillo-Correa, J. P., & Eguiarte, L. E. (2018). Genetic resources in the “calabaza pipiana” pumpkin (*Cucurbita argyrosperma*) in Mexico: Genetic diversity, genetic differentiation, and distribution models. *Frontiers in Plant Science*, 9, 400. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00400>
- Soltani, A., Weraduwa, S. M., Sharkey, T. D., & Lowry, D. B. (2019). Elevated temperatures cause loss of seed set in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) potentially through the disruption of source-sink relationships. *BMC Genomics*, 20(1), 312. <https://doi.org/10.1186/s12864-019-5669-2>

- Stryjecka, M., Krochmal-Marczak, B., Cebulak, T., & Kiełtyka-Dadasiewicz, A. (2023). Assessment of phenolic acid content and antioxidant properties of the pulp of five pumpkin species cultivated in southeastern Poland. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(10), 8621. <https://doi.org/10.3390/ijms24108621>
- Telesiński, A., Płatkowski, M., & Jadczak, D. (2014). Właściwości przeciwutleniające owoców wybranych odmian dyni piżmowej (*Cucurbita moschata* Duch.). *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 47(2), 150-154.