



CARACTERIZACIÓN MORFO-AGRONÓMICA DE SANDÍA (*CITRULLUS LANATUS* (THUNB.) MATSUM. ET NAKAI) EN LA LOCALIDAD DE CABEZADA, PROVINCIA GRANMA, CUBA

Morpho-agronomic characterization of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.)
Matsum. et Nakai) in Cabezada locality, Granma province, Cuba

¹Olyra Guzmán Proenza*, ¹Leixys Rodríguez Rodríguez¹, ²Juan Carlos Alfonso Borrego²,
¹Alfredo Socorro García¹, ¹Niurka Puig Rosales³, José Manuel Corona Galindo⁴,
¹Lianne Fernández Granda¹, ¹Yanisbell Sánchez Rodríguez⁵,
¹Omar Labrada Vega⁶, ¹William Cabrera Díaz⁷

¹Departamento de Recursos Fitogenéticos y Semillas del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", (INIFAT). Calle 188 no. 38754 e/ 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, La Habana, Cuba. E-mail: leixys83@gmail.com, dpsisiologia@inifat.co.cu, lfdez@gmail.com

²Centro Universitario Municipal Güira de Melena, MES. Avenida 101ª entre 90 y final, Güira de Melena, Artemisa, Cuba. E-mail: juancarlosalfo@gmail.com

³Departamento de Gestión de la Innovación y Extensión Agraria del Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). La Habana, Cuba. E-mail: niurkapuig@gmail.com

⁴Refugio de Vida Silvestre Delta del Cauto, UEB Flora y Fauna, Granma, Cuba.

⁵Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en Cuba (FAO-Cuba), Calle 154, No. 301 esq. a 3ra, Reparto Náutico, Playa, La Habana, Cuba. E-mail: yanisbell.sanchezrodriguez@fao.org

⁶Refugio de Vida Silvestre Delta del Cauto, UEB Flora y Fauna, Granma, Cuba. E-mail: labradavegaohomar@gmail.com

⁷Instituto de Investigaciones de Granos, Autopista Novia del Mediodía Km 16 ½, Bauta, Artemisa, Cuba. E-mail: williamcabreradiaz2111@gmail.com

RESUMEN: En Cuba existen 12 cultivares comerciales de sandía (*Citrullus lanatus*), pero los germoplasmas locales han sido menos estudiados en la literatura científica, factor que acelera su erosión genética. El proyecto "Introducción de nuevos métodos agrícolas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad" busca conservar este cultivo en la comunidad de Cabezada, del Refugio de Fauna Delta del Cauto, provincia de Granma, donde se había identificado el cultivar local 'Patisito'. Esta investigación caracterizó morfo-agronómicamente el germoplasma local para verificar su existencia. La metodología incluyó: 1) adquisición de germoplasma mediante encuestas y colecta de semillas en cuatro fincas de la Cooperativa Ramón Ramos (en la localidad de Cabezada) y 2) caracterización morfológica del germoplasma obtenido con descriptores mínimos de *Cucurbitaceae*, análisis estadísticos y coeficiente de correlación de Pearson. El experimento se estableció en la finca "Villegas" (Güira de Melena, Artemisa) con siembras escalonadas para evitar polinización cruzada. Los resultados determinaron que el germoplasma adquirido no corresponde al cultivar 'Patisito' descrito por los agricultores locales, mostrando heterogeneidad en caracteres clave para su identificación. Sin embargo, presentó homogeneidad en cinco caracteres: hábito de crecimiento rastrero, lobulación foliar débil, ausencia de flores hermafroditas, corteza verde claro y pulpa rosada. La correlación positiva entre frutos más pesados y semillas más largas sugiere una población menos seleccionada para pulpa. La pulpa rosada homogénea indica alta acumulación de licopeno, posible adaptación a la salinidad del Delta del Cauto. Estos hallazgos revelan riesgo de erosión genética y destacan la relevancia de la conservación *in situ* de este recurso fitogenético adaptado localmente.

Palabras clave: áreas protegidas, conservación de germoplasma, *Cucurbitaceae*, recursos fitogenéticos, variabilidad genética.

*Correspondencia a: olyra.guzmán@gmail.com

Recibido: 11/06/2025

Aceptado: 08/09/2025

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

Contribución de los autores: **Metodología; Investigación; Administración de proyecto; Software; Supervisión; Redacción-borrador inicial; Redacción-revisión y edición:** Olyra Guzmán Proenza. **Análisis de datos; Metodología; Software; Validación; Redacción-revisión y edición:** Leixys Rodríguez Rodríguez. **Recursos; Curación de datos y Supervisión:** Juan Carlos Alfonso Borrego. **Adquisición de financiación; Administración de proyecto:** Alfredo Socorro García. **Administración de proyecto; Metodología:** Niurka Puig Rosales. **Recursos; administración de proyecto:** José Manuel Corona Galindo. **Conceptualización; Supervisión:** Lianne Fernández Granda, Yanisbell Sánchez Rodríguez. **Recursos:** Omar Labrada Vega, William Cabrera Díaz.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



ABSTRACT: In Cuba, there are 12 commercial watermelon cultivars (*Citrullus lanatus*), but local germplasms have been less studied in scientific literature, a factor that accelerates their genetic erosion. The project "Introduction of New Agricultural Methods for the Conservation and Sustainable Use of Biodiversity" aims to conserve this crop in the community of Cabezada, located in the Wildlife Refuge Delta del Cauto, Granma, where the local cultivar 'Patisito' had previously been identified. This research morpho-agronomically characterized the local germplasm to verify its existence. The methodology included: 1) germplasm acquisition through surveys and seed collection from four farms of the Ramón Ramos Credit and Service Cooperative (in Cabezada locality), and 2) morphological characterization using minimum descriptors for Cucurbitaceae, statistical analyses, and Pearson's correlation coefficient. The experiment was established at the "Villegas" farm (Güira de Melena, Artemisa) with staggered planting to avoid cross-pollination. Results determined that the germplasm collected does not correspond to the 'Patisito' cultivar described for local farmers, showing heterogeneity in key identification traits. However, it showed homogeneity in five characteristics: prostrate growth habit, weak leaf lobulation, absence of hermaphrodite flowers, light green rind, and pink flesh. The positive correlation between heavier fruits and longer seeds suggests a population less selected for pulp. The homogeneous pink flesh indicates high lycopene accumulation, a possible adaptation to the salinity conditions of the Delta del Cauto. These findings reveal a risk of genetic erosion and highlight the relevance of *in situ* conservation of this locally adapted plant genetic resource.

Keywords: protected areas, germplasm conservation, phylogenetic resources, genetic variability.

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai) es una fruta tropical de ciclo anual de la familia de las *Cucurbitaceae*. Al igual que el resto de los cultivos que pertenecen a esta familia, su diversidad genética ha disminuido a nivel mundial. Esto se debe a las demandas del mercado, la necesidad de adaptarse a ciertos climas, el cuello de botella de la domesticación, y en gran parte de los casos, a la limitada capacidad de hibridación intraespecífica (Grumet *et al.*, 2021), lo que se traduce en una limitada base genética, que dificulta la mejora de su resistencia a las plagas, a productores e investigadores. En esta problemática, los cultivares locales, landraces y materiales afines constituyen una fuente de genes adaptados a distintas condiciones naturales (Choudhary *et al.*, 2023).

En Cuba, están registradas 12 variedades comerciales de sandía, en lo adelante cultivares (Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba [MINAG], 2024). Sin embargo, se han estudiado en menor medida los cultivares que han sido obtenidos en el país por campesinos y están adaptados a condiciones agroclimáticas locales. El proyecto "Introducción de nuevos métodos agrícolas para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, incluyendo recursos fito y zoogenéticos, en paisajes productivos en áreas seleccionadas de Cuba" (COBIMAS) tiene entre sus objetivos mejorar la conservación de la agrobiodiversidad. Este proyecto es financiado por Fondo para el Medio Ambiente Mundial e implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Las áreas seleccionadas son dos Áreas Protegidas de los Recursos Manejados

(Ciénaga de Zapata, Matanzas; Jobo Rosado, Sancti Spíritus) y dos Refugios de la Fauna (RF) (Tunas de Zaza, Sancti Spíritus; Delta del Cauto, Granma). Entre los cometidos de COBIMAS se encuentra la conservación de la sandía en la comunidad de Cabezada, ubicada en el RF Delta del Cauto, provincia Granma, Cuba.

En la línea base del proyecto se trazó que en la comunidad de Cabezada se conserva un cultivar local denominado como 'Patisito' adaptado a condiciones de alta salinidad. En esta comunidad las aguas subterráneas tienen altos valores de mineralización y contenidos de cloruro (González *et al.*, 2014). El riego con estas aguas salinizadas produce la acumulación de iones específicos. Torres *et al.* (2024) estudiaron algunas características de la capa superior de los suelos en diferentes fincas del Delta del Cauto y determinaron que en esas fincas la principal limitante química fue la relación de bases intercambiables por el predominio del magnesio (Mg) en la fracción soluble del suelo. La respuesta fisiológica de la planta a estos factores de estrés puede manifestarse de diversas formas (Hailu y Mehari, 2021). A pesar de que este cultivar podría aportar genes de tolerancia a estos factores de estrés, no existen estudios que caractericen sus atributos agronómicos. Esto facilitará futuras tareas del proyecto COBIMAS, como la elaboración de un procedimiento normativo operacional para la conservación de este cultivo y la implementación de una minindustria de jugo de sandía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo con el cultivo de la sandía (*C. lanatus*) se estructuró en dos fases: adquisición de germoplasma y caracterización del material adquirido.

Fase 1: Adquisición de germoplasma

En la línea base del proyecto se construyó, a partir de encuestas, una base de datos georreferenciada con información sobre los recursos fitogenéticos que se cultivan en las fincas que son beneficiarias. Se consultó esta base para identificar qué fincas habían declarado sembrar el cultivar de sandía 'Patisito'. Tras validar la información con los coordinadores del proyecto en el RF Delta del Cauto, se seleccionaron las fincas de interés.

Posteriormente, en febrero de 2023, se realizó una expedición al área de estudio (comunidad de Cabezada, provincia Granma), donde se colectaron semillas de cuatro fincas seleccionadas al azar entre los productores identificados, pertenecientes a la CCS "Ramón Ramos" (Figura 1). Se tuvieron en cuenta los indicadores sociodemográficos de la finca. La colecta de semillas (30 por finca) cumplió con las normas para bancos de germoplasma de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO, 2014) y la Guía Práctica para la aplicación de esta norma en la conservación de semillas ortodoxas (FAO, 2023). Paralelamente, se entrevistaron a los agricultores sobre el cultivar en cuestión que según la línea base del proyecto se caracteriza por tener frutos

pequeños (15-20 cm diámetro), forma del fruto redondo y con epicarpio liso sin patrón. Las semillas se almacenaron a 5 °C en el Banco de Central de Germoplasma de Cuba, radicado en el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt", para su procesamiento en la siguiente fase.

Fase 2: Caracterización del material adquirido

Se estableció un protocolo de cuatro siembras (una para el material proveniente de cada finca) iniciando en mayo, con intervalos de 40 días para evitar la polinización cruzada. Este intervalo evitó la superposición de floración entre las muestras (Grupo Semillas, 2018). El experimento se realizó en la finca "Villegas" perteneciente a la Cooperativa de Créditos y Servicios (CSS) "1ro de Mayo" (municipio Güira de Melena, provincia Artemisa), la cual tiene experiencia en la producción de semilla con prácticas agroecológicas (Pérez y Caballero, 2021). La parcela experimental tuvo 49 m² (7 × 7 m), con separación de 1.8 m entre surcos y de 0.4 m entre plantas, bajo siembra directa.

En la caracterización morfológica basada en los descriptores mínimos para *Cucurbitaceae*, se evaluaron los caracteres siguientes (ECPGR, 2008):

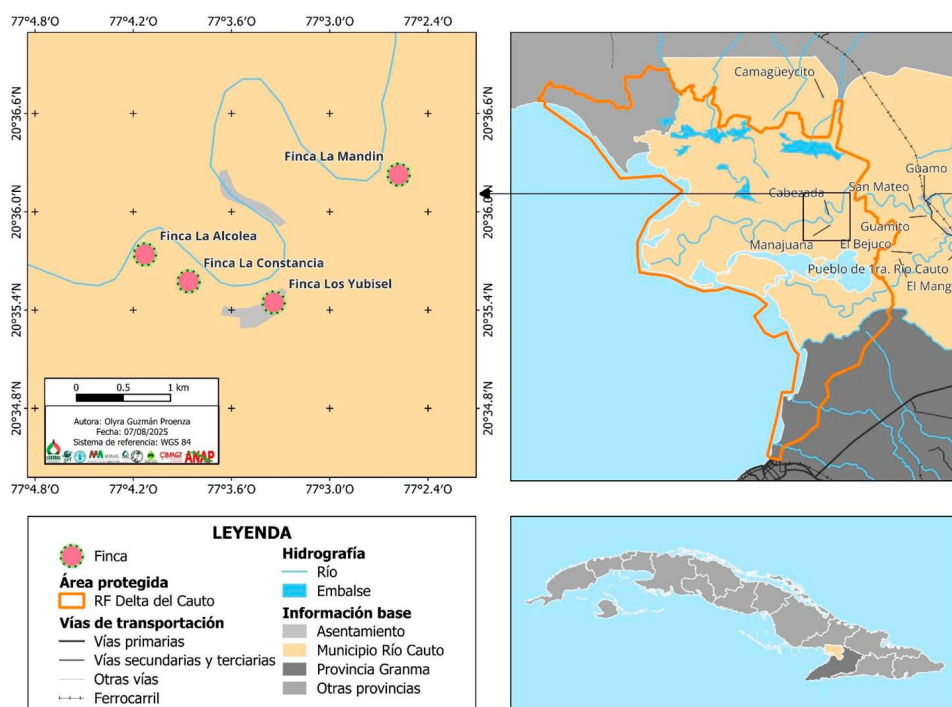


Figura 1. Ubicación geográfica de las fincas muestreadas para recolección de semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) en la comunidad de Cabezada, Refugio de Fauna Delta del Cauto, provincia Granma, Cuba

1. Tres variables cuantitativas:
 - a. peso del fruto (kg)
 - b. grosor del pericarpio o corteza (mm)
 - c. longitud de las semillas (mm)
2. Un carácter binario: presencia de flores hermafroditas (ausente/presente)
3. Siete cualitativos:
 - a. hábito de crecimiento (rastrero/guía)
 - b. grado de lobulación foliar (débil/intermedio/fuerte)
 - c. forma del fruto (aplanado/redondo/ancha elíptica/elíptica/oblongo/piriforme)
 - d. color de la corteza (verde claro/ verde oscuro/blanco/ amarillo/marrón/ otros)
 - e. patrón de la corteza (sólido/rayado/ manchado/ mixto/ otros)
 - f. color de la pulpa (rosada/roja/ amarilla/otras)
 - g. color de semillas (negra/marrón/ blanca/otros)

Para las variables cuantitativas, se calcularon estadísticos descriptivos: media aritmética, valores mínimos/máximos y coeficiente de variación. Adicionalmente, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson (Pearson, 1895), que cuantifica la asociación lineal entre pares de variables mediante valores entre -1 y 1. El coeficiente de variación se usó para comparar dispersión entre variables con distintas unidades. Todos los análisis se ejecutaron en InfoStat (versión 2008) (Di Rienzo et al., 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Adquisición de germoplasma

Los productores a cargo de las fincas muestreadas son hombres. El área de las fincas varió entre 4.0 y 13.4 ha (promedio: 10.9 ha), y la edad de los agricultores osciló entre 42 y 63 años (media: 54 años). Los productores destinan un promedio de 1.8 ha al cultivo de la sandía (Tabla 1). Sin embargo, expresaron descontento por irregularidades en la

comercialización. Todos obtienen semillas mediante redes de intercambio campesino, no las guardan separadas por cultivar y no llevan registro de la cantidad de semillas almacenadas para la próxima cosecha. El consumo local se centra en el fruto fresco y en jugo, pero para la comercialización solo venden el fruto fresco.

El hecho de que guarden sus semillas mezcladas y que no comercialicen subproductos de la sandía constituyen amenazas ante la erosión de la biodiversidad. Estas amenazas fueron también identificadas por Begué-Quiala et al. (2022) en el cultivo del frijol, en la Reserva de la Biosfera Cuchillas del Toa, por lo que es una problemática que está presente a nivel nacional. Si existiera una oferta más variada (por ejemplo, de subproductos o de cultivares con rasgos especiales como el color de la pulpa o el tamaño del fruto), se valorizaría la diversidad de germoplasma que se produce en la comunidad. De lo contrario, los productores están sujetos a las fluctuaciones del mercado, que en muchos casos presionan para que se produzcan cultivares comerciales homogéneos, lo que conduce a la pérdida de diversidad (Khoury et al., 2022).

Los productores expresaron que el cultivar 'Patisito' no es el resultado de la selección de los campesinos, sino que es el nombre que le dan a poblaciones espontáneas que emergen en sus parcelas agrícolas sembradas con otros cultivares de sandía y que cumplen con la descripción de la línea base del proyecto, es decir, tienen frutos pequeños, esféricos y con un patrón de corteza lisa y de color verde oscuro. Estos son regados con las aguas de los pozos que están salinizadas y producidos con prácticas tradicionales de manejo.

La forma en que se obtiene indica que no constituye un cultivar, sino expresiones fenotípicas de materiales introducidos, posiblemente por reversión genética o flujo de genes de variedades comerciales. Estudios en contextos similares, como el de cultivares de frijol en Cuba,

Tabla 1. Indicadores socioproductivos de fincas de sandía (*Citrullus lanatus*) en Cabezada, Refugio de Fauna Delta del Cauto, provincia Granma, Cuba

Variables	La Mandín	La Constancia	Alcolea	La Yubisel
Nombre del Propietario	Armando Tamayo Miranda	Benerando López Aldana	Rafael Alcolea López	Yubisel Reyes Jerez
Área total de la finca (ha)	13.4	12.4	4.5	13.4
Área que siembra de sandía (ha)	2.5	1.5	1.5	1.5

han identificado que la conservación de semillas en poblaciones mezcladas es una debilidad persistente que dificulta el mantenimiento de la identidad genética de los cultivares (Begué-Quiala *et al.*, 2022). Entre los materiales introducidos el cultivar más parecido al cultivar Patisito es el Sugar baby, el cual es ampliamente cultivado a nivel global.

Caracterización del material adquirido

Los análisis estadísticos revelaron que la masa del fruto (en términos de peso) exhibió un alto coeficiente de variación (CV = 49.82 %). Sin embargo, los demás caracteres mostraron CV < 25 % (Tabla 2), lo que confirma una baja diversidad genética general en el germoplasma colectado. Adicionalmente, el análisis de correlación de Pearson detectó una fuerte asociación positiva entre el peso del fruto y la longitud de las semillas ($r = 0.89$; $p < 0.01$; Tabla 3), sugiriendo que los frutos más pesados contenían semillas significativamente más largas. Esto concuerda con lo reportado por Gong *et al.* (2022), quienes observaron fuertes correlaciones entre diversos caracteres de la semilla en una amplia colección de sandía. En ese estudio, también se explica que las sandías utilizadas para el consumo de semillas tienden a tener semillas más grandes, mientras que las sandías utilizadas para el consumo de pulpa a menudo muestran semillas relativamente pequeñas. Por tanto, la tendencia a semillas más largas en frutos más pesados, en el germoplasma de Cabezada, podría reflejar una característica de poblaciones menos sometidas a selección intensiva para la pulpa.

El análisis de las variables cualitativas por finca reveló heterogeneidad en el patrón de la corteza y

la forma del fruto, caracteres clave para identificar al cultivar en cuestión. No obstante, se observó homogeneidad en otros rasgos morfológicos: hojas con lobulación débil, hábito de crecimiento rastrero, ausencia de flores hermafroditas, corteza verde clara y pulpa rosada. Entre el germoplasma caracterizado, el que más se aproxima a la descripción del cultivar 'Patisito' procede de la finca La Mandin; sin embargo, el 30 % de los frutos mostró un patrón de la corteza con rayas anchas (Tabla 4).

De acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura para Plantas Cultivadas, "un cultivar, como taxón, es un conjunto de plantas que (a) ha sido seleccionado por un carácter particular o una combinación de caracteres, y (b) mantiene su distinción, uniformidad y estabilidad en estos caracteres cuando se propaga por medios adecuados" (Brickell *et al.*, 2016, p.6). Por lo tanto, el material caracterizado no constituye un cultivar, ya que, en primer lugar, los agricultores no han realizado una selección sistemática para caracteres específicos. Además, se observa heterogeneidad en tres de los caracteres cualitativos evaluados lo que descarta la segunda premisa.

Retomando el hecho de que cinco de los caracteres presentaron homogeneidad (hábito de crecimiento rastrero, lobulación foliar débil, ausencia de flores hermafroditas, corteza verde clara y pulpa rosada), a continuación se analizó si este perfil común pudiera estar relacionado con la selección de los agricultores o constituir una respuesta adaptativa a los factores de estrés abióticos del territorio, particularmente a la salinidad predominante en el Delta del Cauto.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las variables cuantitativas obtenidas de las semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) recolectadas en Cabezada (RF Delta del Cauto, Granma, Cuba). n=tamaño muestral; Media=media aritmética; CV=coeficiente de variación; Mín=valor mínimo; Máx=valor máximo.





Variable	n	Media	CV	Mín	Máx
Peso del fruto (kg)	32	1,25	49,82	0,40	2,87
Grosor de corteza (mm)	32	15,25	27,37	10,00	20,00
Longitud de semillas (mm)	32	12,06	14,88	8,00	15,00

Tabla 3. Matriz de correlación de Pearson entre variables cuantitativas de semillas de sandía (*Citrullus lanatus*) recolectadas en Cabezada (RF Delta del Cauto, Granma, Cuba)

Variable	Peso del fruto (kg)	Grosor de corteza (mm)	Longitud de semillas (mm)
Peso del fruto (kg)	1,00	0,29	0,89
Grosor de corteza (mm)	0,19	1,00	0,13
Longitud de semillas (mm)	0,03	-0,27	1,00



Tabla 4. Variables morfoagronómicas evaluadas en *Citrullus lanatus* por finca, en la localidad de Cabezada (RF Delta del Cauto, Granma, Cuba) *Valores promedios.

Descriptor	La Mandin	La Constancia	La Alcolea	La Yubisel
1-Hábito de crecimiento	Rastrero	Rastrero	Rastrero	Rastrero
2-Grado de lobulación de la hoja	Débil	Débil	Débil	Débil
3-Flores hermafroditas	No	No	No	No
Apariencia del fruto				
4-Peso del fruto (kg)*	1,62	1,19	1,43	0,5
5-Forma del fruto (según los descriptores mínimos para <i>Cucurbitaceae</i>)	Ancha elíptica	80 % aplanado y 20 % oblongo	80 % piriforme y 20 % oblongo	42 % elíptica, 29 % piriforme y 29 % ancha elíptica
6-Color de la corteza	verde claro	verde claro	verde claro	verde claro
7-Grosor de corteza (mm)*	14,2	17,0	15,1	15,7
8-Tipo de patrón	70 % sin rayas y 30 % con rayas anchas	manchas	90 % sin rayas y 10 % con rayas	manchas
9-Color de la pulpa	Rosada	Rosada	Rosada	Rosada
10-Longitud de semillas (mm)*	12,5	11,2	12,8	11,0
11-Color de semillas	90 % negra y 10 % marrón	marrón oscuro intenso	Pálida	90 % Pálida y 10 % negra

A nivel fisiológico, se ha identificado que los mejores índices para evaluar la tolerancia a la salinidad en sandía son el peso fresco de la parte aérea y la longitud de la raíz (Gao et al., 2022). Sin embargo, la homogeneidad fenotípica de los cinco caracteres anteriormente señalados sugiere que la posible adaptación podría manifestarse a través de rasgos morfológicos distintivos más que en parámetros de crecimiento que suelen mostrar mayor variabilidad bajo estrés.

Hojas de lobulación débil

La mayoría de los cultivares de sandía poseen el fenotipo de hoja lobulada, controlado por un gen dominante único designado como CILL1 (Wei et al., 2017). Sin embargo, este fenotipo se observa generalmente después de la aparición de la sexta hoja de las plantas cultivadas tanto en el campo como en cámaras de clima artificial e invernaderos, lo que indica que la expresión del gen CILL1 no se ve afectada o solo se ve ligeramente afectada por factores ambientales (Guo et al., 2013; Mashilo et al., 2022). Por tanto, es poco probable que las condiciones ambientales hayan tenido influencia en la homogeneidad en este carácter, sino que está más

relacionada con la selección que han realizado los agricultores del territorio.

Ausencia de flores hermafroditas

La homogeneidad en la ausencia de flores hermafroditas observada en el material caracterizado coincide con el fenotipo sexual monoico (produce flores masculinas y femeninas en la misma planta) (Prothro et al., 2013). La monoecia en la sandía, está regulada por el gen de biosíntesis de etileno *CitACS4*, que codifica una enzima ACS específica de la flor, favoreciendo más flores masculinas que femeninas. Un gen recesivo, *pa* (ID gen: CICG01G020800), controla la ocurrencia de flores bisexuales y hermafroditas en la sandía. Las mutaciones naturales del gen *CitACS4* son responsables de convertir flores femeninas en flores hermafroditas, y la monoecia en andromonoecia parcial o andromonoecia en la sandía (Agüado et al., 2020).

Por tanto, la ausencia homogénea de flores hermafroditas en el germoplasma caracterizado sugiere la expresión estable del gen *CitACS4*. La ausencia del gen recesivo *pa* (que controla la ocurrencia de flores hermafroditas) podría explicar la estabilidad de este carácter en la población.

Esta expresión sexual favorece la autofecundación y la estabilidad genética en poblaciones locales, lo que podría explicar su predominio en sistemas de agricultura tradicional como el de Cabezada donde los productores conservan sus propias semillas. Sin embargo, no es deseable para el fitomejoramiento de híbridos porque existe la necesidad de emasculación de las flores masculinas para la polinización y el desarrollo de los híbridos (Prothro *et al.*, 2013; Mashilo *et al.*, 2022).

Color de corteza verde clara

Aún no se ha determinado con claridad cuáles son los genes que condicionan un color de la corteza verde clara (Mashilo *et al.*, 2022). Sin embargo, la homogeneidad de este carácter en la población sugiere la estabilización de alelos específicos para este gen, posiblemente como resultado de la adaptación local o de las preferencias de selección de los agricultores.

Pulpa rosada

El color rojo y rosado en la pulpa de la sandía está determinado predominantemente por la acumulación de licopeno, un carotenoide que se biosintetiza y almacena en los cromoplastos del fruto durante la maduración (Kang *et al.*, 2010). La base genética de este fenotipo implica una regulación coordinada de múltiples genes, donde el gen licopeno β -ciclase CILCYB (Cla005011) actúa como un regulador central: su baja expresión permite la acumulación de licopeno al evitar su conversión en β -caroteno, resultando en pulpa roja o rosada (Zhang *et al.*, 2020).

Además, del gen CILCYB, otros genes específicos modulan la intensidad y estabilidad del color rojo/rosado. El gen Cla007686 se expresa altamente en variedades de pulpa roja, funcionando como un regulador clave de la acumulación de licopeno. Asimismo, un conjunto de genes designados como Cla018767, Cla018768, Cla018769, Cla018770 y Cla018771 están vinculados directamente con la biosíntesis de licopeno y el desarrollo del color rojo en la pulpa (Li *et al.*, 2020). La expresión combinada de estos genes crea un perfil metabólico que favorece la síntesis y estabilización del licopeno, definiendo así el característico color rojo o rosado de la pulpa en cultivares y otro tipo de germoplasma.

Un estudio en *Lycium chinense* determinó que las plantas que sobreexpresan el gen

licopeno β -ciclase LclycB mostraron mayor tolerancia a NaCl (150 mM), una menor acumulación de especies reactivas de oxígeno, mayor contenido de carotenoides y protección de la estructura tilacoidal (Jin *et al.*, 2015). Esto sugiere que los genes de la ruta de carotenoides, particularmente la de licopeno β -ciclase, están directamente involucrados en la respuesta al estrés salino. Considerando que CILCYB es el homólogo funcional en sandía, la expresión diferencial de este gen podría estar relacionada con la adaptación a la salinidad.

Por tanto, el color rosado de la pulpa del germoplasma caracterizado podría estar relacionado con la expresión estable de genes que favorecen la acumulación de licopeno, posiblemente mediante la regulación a la baja de genes como el gen licopeno β -ciclase CILCYB y la alta expresión de reguladores como Cla007686. Esta composición genética particular podría representar una adaptación local que influye tanto en la calidad del fruto como en su potencial antioxidante. Por lo que, la homogeneidad observada en el color rosado de la pulpa (alto contenido de licopeno) del germoplasma colectado en Cabezada podría presentar no solo potencialidades para el fitomejoramiento por su color, sino como mecanismo adaptativo a la salinidad.

CONCLUSIONES

El germoplasma colectado en el poblado de Cabezada, dentro del Refugio de la Fauna, provincia Granma, Cuba, no cumple con los criterios morfológicos y agronómicos descritos por los agricultores para el cultivar 'Patisito'.

La tendencia a semillas más largas en frutos más pesados en el germoplasma de sandía, obtenido de la localidad de Cabezada, podría reflejar una característica de poblaciones menos sometidas a selección intensiva para pulpa.

Se identificaron cinco caracteres morfológicos con expresión homogénea: hojas con lobulación débil, hábito de crecimiento rastrero, ausencia de flores hermafroditas, color de la corteza verde claro y pulpa de color rosado.

La homogeneidad en el color rosado de la pulpa sugiere una alta acumulación de licopeno. Este carácter podría constituir una adaptación fisiológica a las condiciones de salinidad predominantes en el Delta del Cauto.



e-ISSN: 2414-4673

p-ISSN: 0568-3114



RECOMENDACIONES

Ampliar los muestreos en la región en la búsqueda de semillas de materiales aproximados a la descripción de la sandía cultivar 'Patisito'

Realizar estudios para comprobar el comportamiento tolerante bajo condiciones de estrés simuladas en el laboratorio.

Realizar programas de selección y cruzamiento para estabilizar genéticamente los materiales de mejor comportamiento (mayores rendimientos bajo condiciones de estrés por salinidad)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguado, E., García, A., Iglesias-Moya, J., Romero, J., Wehner, T. C., Gómez-Guillamón, M. L., Picó, B., Garcés-Claver, A., Martínez, C., y Jamilena, M. (2020). Mapping a partial andromonoecy locus in *Citrullus lanatus* using BSA-seq and GWAS approaches. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1243. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2020.01243/full>
- Begué-Quiala, G., Planas, J. R. I., Rivera, D. G., Elías, O. C., Trejo, H. M. P., y Rodríguez, D. A. (2022). Cultivo y conservación de frijol por campesinos dispersos en la Reserva de Biosfera Cuchillas del Toa, evidencias del cambio climático. *Agrotecnia de Cuba*, 46(1), 12-22. Disponible en: <https://www.agrotecnia.edicionescervantes.com/index.php/agrotecnia/article/view/40>
- Brickell, C. D., Alexander, C., Cubey, J. J., David, J. C., Hoffman, M. H. A., Leslie, A. C., Malécot, V., y Jin, X. (2016). *International Code of Nomenclature for Cultivated Plants* (9th ed.). International Society for Horticultural Science. Disponible en: https://www.ishs.org/sites/default/files/static/ScriptaHorticulturae_18.pdf
- Choudhary, H., Padmanabha, K., Jat, G. S., y Behera, T. K. (2023). Challenges of traditional breeding in watermelon. En S. Kr. Dutta, P. Nimmakayala, y U. K. Reddy (Eds.), *The Watermelon Genome*, 85-130. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34716-0_7
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., y Balzarini, M. G. (2008). *InfoStat* (Versión 2008) [Software]. Grupo InfoStat, Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: <http://www.info-stat.com.ar>
- European Cooperative Programme for Plant Genetic Resources (ECPGR). (2008). *Minimum descriptor lists for Cucurbita spp., Cucumber, Melon, Watermelon*. Disponible en: <https://www.ecpgr.org/working-groups/cucurbits/cucurbits-working-group-documents-and-publications-of-interest>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura* (Edición revisada). Disponible en: <https://www.fao.org/4/i3704s/i3704s.pdf>
- FAO. (2023). *Guía práctica para la aplicación de las normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura: Conservación de semillas ortodoxas en bancos de germoplasma de semillas*. Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0021es>
- Gao, B., Sun, D., Yuan, G., An, G., Li, W., Liu, J., y Zhu, Y. (2022). Identification of salt tolerance of 121 watermelon (*Citrullus lanatus* L.) germplasm resources. *Journal of Fruit Science*, 39(9), 1597-1606. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20220431670>
- Gong, C., Zhao, S., Yang, D., Lu, X., Anees, M., He, N., Zhu, H., Zhao, Y., y Liu, W. (2022). Genome-wide association analysis provides molecular insights into natural variation in watermelon seed size. *Horticulture Research*, 9, uhab074. <https://doi.org/10.1093/hr/uhab074>
- González, D., Sánchez, Y., y Fernández, M. (2014). Análisis hidroquímico con fines de riego de aguas subterráneas de la provincia de Granma. *Minería y Geología*, 30(4), 38-54. Disponible en: <http://www.redciencia.cu/geobiblio/paper/2015-Sanchez-GEO13-07.pdf>
- Grumet, R., McCreight, J. D., McGregor, C., Weng, Y., Mazourek, M., Kathleen, R., Labate, J., Davis, A., y Fei, Z. (2021). Genetic resources and vulnerabilities of major Cucurbit crops. *Genes*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/genes12081222>
- Grupo Semillas. (2018). *Producción y conservación de semillas nativas y criollas de buena calidad y sanidad*. HEKSEPER Colombia. Disponible en: https://www.semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/cartilla-produccion-de-semillas_web.pdf

- Guo, S., Zhang, J., Sun, H., Salse, J., Lucas, W. J., Zhang, H., Zheng, Y., Mao, L., Ren, Y., y Wang, Z. (2013). The draft genome of watermelon (*Citrullus lanatus*) and resequencing of 20 diverse accessions. *Nature genetics*, 45(1), 51-58. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/ng.2470>
- Hailu, B., y Mehari, H. (2021). Impacts of soil salinity/sodicity on soil-water relations and plant growth in dry land areas: A review. *J. Nat. Sci. Res*, 12(3), 1-10. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/c5b7/9e53589f60bc564e2ff61a3c9b8ab309bab7.pdf>
- Jin, C., Ji, J., Zhao, Q., Ma, R., Guan, C., y Wang, G. (2015). Characterization of lycopene β -cyclase gene from *Lycium chinense* conferring salt tolerance by increasing carotenoids synthesis and oxidative stress resistance in tobacco. *Molecular Breeding*, 35(12), 228. <https://doi.org/10.1007/s11032-015-0418-y>
- Kang, B., Zhao, W., Hou, Y., y Tian, P. (2010). Expression of carotenogenic genes during the development and ripening of watermelon fruit. *Scientia Horticulturae*, 124(3), 368-375. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.01.027>
- Khoury, C. K., Brush, S., Costich, D. E., Curry, H. A., de Haan, S., Engels, J. M. M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K. L., Miller, A. J., Nabhan, G. P., Perales, H. R., Richards, C., Riggins, C., y Thormann, I. (2022). Crop genetic erosion: Understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytologist*, 233(1), 84-118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Li, N., Shang, J., Wang, J., Zhou, D., Li, N., y Ma, S. (2020). Discovery of the genomic region and candidate genes of the scarlet red flesh color (Yscr) locus in watermelon (*Citrullus Lanatus* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00116>
- Mashilo, J., Shimelis, H., Maja, D., y Ngwepe, R. M. (2022). Retrospective genetic analysis of qualitative and quantitative traits in sweet watermelon (*Citrullus lanatus* var. *lanatus*): A review. *Agronomy*, 12(7), 1633. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071633>
- Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba (MINAG). (2024). *Lista Oficial de Variedades Comerciales 2024-2025*.
- Pearson, K. (1895). Note on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceedings of the Royal Society of London*, 58, 240-242. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/115794>
- Pérez, N., y Caballero, R. (2021). *Agroecología en Cuba-Iniciativas y evidencias innovadoras escalables*. FAO, MINAG y ACTAF. <https://doi.org/10.4060/cb6166es>
- Prothro, J., Abdel-Haleem, H., Bachlava, E., White, V., Knapp, S., y McGregor, C. (2013). Quantitative trait loci associated with sex expression in an inter-subspecific watermelon population. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 138(2), 125-130. <https://doi.org/10.21273/JASHS.138.2.125>
- Torres, M., Socorro, A., y Rodríguez, M. I. (2024). Características de la capa superior de los suelos en fincas del Delta del Cauto. *Agrotecnia de Cuba* 48. <https://cu-id.com/2120/v48e18>. <https://agrotecnia.edicionescervantes.com/index.php/agrotecnia/article/view/799>
- Wei, C., Chen, X., Wang, Z., Liu, Q., Li, H., Zhang, Y., Ma, J., Yang, J., y Zhang, X. (2017). Genetic mapping of the LOBED LEAF 1 (CILL1) gene to a 127.6-kb region in watermelon (*Citrullus lanatus* L.). *PLOS ONE*, 12(7), e0180741. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180741>
- Zhang, J., Sun, H., Guo, S., Ren, Y., Li, M., Wang, J., Zhang, H., Gong, G., y Xu, Y. (2020). Decreased protein abundance of lycopene β -Cyclase contributes to red flesh in domesticated watermelon. *Plant Physiology*, 183(3), 1171-1183. <https://doi.org/10.1104/pp.19.01409>

