

Estabilidad del rendimiento y calidad de fruto en poblaciones avanzadas de ahuyama en el Caribe colombiano

Stability of yield and fruit quality in advanced squash populations in the Colombian Caribbean

Ender M. Correa-Álvarez^{1*}; Julio E. Muñoz-Falcon²
Marlon J. Yacomelo-Hernandez²; Rommel I. León-Pacheco²
Eliás D. Flórez-Cordero²; Gabriel E. Silva Acosta²; Miguel A. Lobato-Ureche²

Recibido para publicación: 03 de octubre de 2025 - Aceptado para publicación: 18 de diciembre de 2025

RESUMEN

Con el fin de seleccionar poblaciones de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne ex lam.) candidatas a ser registradas como nuevos cultivares mejorados, se estableció la evaluación multilocal para la Subregión natural Caribe en cuatro localidades. Para ello, se empleó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron ocho genotipos; siete de ellos correspondieron a poblaciones promisorias del Programa de Mejoramiento Genético de Agrosavia, más un testigo (cultivar regional de productores). Como variables respuestas se consideraron el rendimiento y la calidad de fruto (externa e interna). El análisis de estabilidad fenotípica del rendimiento se realizó mediante las metodologías de Eberhart y Russell, Lin y Binns y AMMI. Los resultados respaldan la selección de la población SRFC2 como genotipo apto para ser registrado como nuevo cultivar para la Subregión natural Caribe, al expresar rendimientos superiores al testigo comercial (19,9 t·ha⁻¹), estabilidad fenotípica para los ambientes evaluados y atributos de calidad de fruto externa (formato tipo pastelito: 95%; peso: 2,1 kg) e interna (diámetro de cavidad placentaria = 109 mm; grosor de pulpa = 39 mm, porcentaje de pulpa = 41%, materia seca de pulpa = 11,5% y color de pulpa naranja intermedio) acordes a los requerimientos del mercado de consumo fresco regional.

Palabras clave: Fitomejoramiento; Selección recurrente; Interacción genotipo por ambiente; Evaluación multilocal.

ABSTRACT

In order to select populations of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duchesne ex Lam.) candidates for registration as new improved cultivars, a multi-location evaluation was established for the Natural Caribbean Subregion at four environments. For this, a randomized complete block design with four replications was used. Eight genotypes were evaluated; seven of them were promising populations obtained from the Agrosavia plant breeding program, plus one control (regional cultivar from farmers). Response variables considered included yield and fruit quality (both external and internal). The phenotypic stability analysis of yield was performed using the methodologies of Eberhart and Russell, Lin and Binns, and AMMI. The results support the selection of population SRFC2 as a genotype suitable for registration as a new cultivar for the Natural Caribbean Subregion, as it expressed superior yield compared to the control (19.9 t·ha⁻¹), phenotypic stability for the evaluated environments, and fruit quality attributes, both externally (pastry-type format: 95%; weight: 2.1 kg) and internally (placental cavity diameter = 109 mm; pulp thickness = 39 mm, pulp percentage = 41%, pulp dry matter = 11.5%, and intermediate orange pulp color), in line with the requirements of the regional fresh consumption market.

Key words: Plant Breeding; Recurrent Selection; Genotype by Environment Interaction; Multilocal Evaluation.

Cómo citar

Correa-Álvarez, E. M., Muñoz-Falcón, J. E., Yacomelo-Hernández, M. J., León-Pacheco, R. I., Flórez-Cordero, E. D., Silva Acosta, G. E. y Lobato-Ureche, M. A. 2025. Estabilidad del rendimiento y calidad de fruto en poblaciones avanzadas de ahuyama en el Caribe colombiano. *Temas Agrarios* 30(2): 152–163. <https://doi.org/10.21897/rta.4057>

¹Agrosavia Centro de investigación Turipaná, Cereté-Córdoba, Colombia.

²Agrosavia Centro de investigación Caribia, Zona Bananera-Magdalena, Colombia

*Autor para correspondencia: Ender M. Correa-Álvarez

E-mail: ecorrea@agrosavia.co



INTRODUCCIÓN

La región Caribe de Colombia es considerada como uno de los centros de origen *Cucurbita moschata* (Duchesne ex lam.) (Kates *et al.*, 2017). En esta zona del país el cultivo de ahuyama se ha integrado dentro de los alimentos que hacen parte de la seguridad alimentaria de los pequeños productores de agricultura familiar debido principalmente a su calidad nutritiva (vitaminas, carbohidratos, minerales) y su uso en la gastronomía local (Correa *et al.*, 2019a; 2019b; Rodríguez *et al.*, 2023a). Adicionalmente, se han descubierto otros atributos como propiedades medicinales y su uso como materia prima en la agroindustria para la alimentación humana y animal (Hleap *et al.*, 2020; Florez y Cobos, 2021; Barcia y Mendoza, 2021; García *et al.*, 2023; Mendoza *et al.*, 2023; García *et al.*, 2024).

El cultivo se ha posicionado como la segunda hortaliza con mayor área de siembra en la región Caribe de Colombia con casi 8.900 hectáreas y con una producción de más de 80 mil toneladas en el año 2024 (Agronet, 2026). Pese a la gran importancia del cultivo, el sistema productivo presenta un rezago tecnológico en su manejo agronómico y en el uso de cultivares mejorados. En cuanto a este último aspecto, lo usual es la producción de semilla por parte de los mismos productores originados de los cultivos desarrollados con cultivares regionales que se caracterizan por su alta variabilidad en calidad de fruto (formato, tamaño, peso y colores) y productividad (Correa *et al.*, 2019a; 2019b). Las áreas modales de las unidades productivas de ahuyama se encuentran alrededor de las 2 ha, por lo cual, se estima que el cultivo involucra unos 5.500 productores (Correa *et al.*, 2019a). En este sentido, la generación de nuevos cultivares mejorados en atributos de interés como el rendimiento (> 10 t/ha) y la calidad de fruto (uniformidad en la forma y calidad interna) contribuyen de manera significativa

en la mejora de la competitividad productiva y comercial del sistema productivo.

Diversos estudios de mejoramiento en ahuyama indican que caracteres de importancia agronómica pueden ser mejorados a través de métodos simples como el de la selección recurrente (Ortiz *et al.*, 2013). Existen varias metodologías para estimar la estabilidad de cultivares, entre las más usadas se encuentran las propuestas por Eberhart y Russell (1966) y Lin y Binns (1988). Eberhart y Russell (1966) proponen un método basado en la regresión en donde un genotipo es considerado estable si su coeficiente de regresión (β_i) es cercano a uno (1) y las desviaciones de la regresión (S^2d) son próximas a cero (0). Por su parte, el índice de Lin y Binns (P_i) constituye una medida única de la superioridad del comportamiento de un genotipo, definiéndose como el cuadrado medio de la distancia entre la respuesta de un genotipo y el genotipo de máxima respuesta en un ambiente dado. Con esta medida, la máxima respuesta en un ambiente se convierte en el testigo a considerar. Por tanto, la calificación del mejor genotipo es aquel que presente el valor global más bajo y ello, se interpreta como el genotipo más cercano al óptimo a través de los ambientes (Lin y Binns, 1988). Así mismo los modelos AMMI (efecto de interacción multiplicativo y efectos principales aditivos) son ampliamente utilizados dado a que combinan las técnicas de análisis de varianza y análisis de componentes principales; y mediante una representación gráfica (Biplot) de los niveles de cada factor se pueden identificar las combinaciones de niveles causantes de la interacción genotipo-ambiente (Etana y Merga, 2021).

El presente estudio se realizó con la finalidad de evaluar la interacción genotipo-ambiente y la estabilidad del rendimiento de siete poblaciones mejoradas de ahuyama obtenidas dentro del programa de mejoramiento

genético de hortalizas de AGROSAVIA en cuatro localidades de la región caribe de Colombia, con miras a seleccionar cultivares con características agronómicas superiores en términos de rendimientos y calidad de fruto con destino al mercado de consumo en fresco regional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se realizó durante el periodo marzo-octubre del 2020 en cuatro localidades de la región Caribe de Colombia. Las evaluaciones se realizaron en tres lotes comerciales de agricultores en los departamentos de Atlántico, Córdoba y Sucre

más una localidad establecida en el Centro de Investigación Caribia de AGROSAVIA, ubicada en el municipio de Zona Bananera, Magdalena (Tabla 1).

Material vegetal

El material genético evaluado corresponde a una (1) variedad local donada por la asociación de productores de ahuyama Aproagro del municipio de Maicao, La Guajira, la cual fue empleada como testigo, y siete poblaciones promisorias de ahuyama tipo pastelito identificadas con los códigos FTB, FTI, FTG, G1, G1XG2, G4XG4 y SRFC2 obtenidas del Programa de Mejoramiento Genético de Hortalizas de Agrosavia, C.I. Caribia.

Tabla 1. Localidades Subregión Natural Caribe (seco y húmedo) de Colombia.

AM	LN	LO	SR	Alt	TMA	HR	PMA
A1	8°57'03,0''	75°51'05,0''	Ch	10 m	27,6°C	81,8%	1.533 mm
A2	9°06'56,0''	75°17'37,0''	Ch	374 m	27,1 °C	81,4%	1.325 mm
A3	10°16'56,5''	74°55'48,4''	Cs	7 m	27,9 °C	80,4%	1.141 mm
A4	10°45'52,9''	74°08'55,9''	Cs	20 m	27,5 °C	81,0%	1.260 mm

AM: ambiente; A1: San Pelayo, Córdoba; A2: Sincelejo, Sucre; A3: Suan, Atlántico; A4: Zona Bananera, Magdalena; LN: latitud norte; LO: longitud oeste; SR: subregión; Ch: Caribe húmedo; Cs: Caribe seco; Alt: altura sobre el nivel del mar; TMA: temperatura media anual; HR: humedad relativa; PMA: precipitación media anual.

Fuente: elaboración propia.

Diseño experimental

Las parcelas experimentales se establecieron bajo diseño de bloques completos al azar (DBCA), con siete (7) tratamientos correspondientes a poblaciones promisorias de ahuyama tipo pastelito con cuatro (4) repeticiones en cada localidad. La distancia de siembra empleada fue de 3 m x 2 m entre surcos y plantas respectivamente, lo que corresponde a una densidad de siembra de 1.667 plantas por hectárea. El tamaño de la unidad experimental fue de cinco (5) surcos, con cuatro (4) plantas por surco para un total de 20 plantas por parcela que representan 120 m². Para cada variable, el área de muestreo se consideró el área total de la parcela.

Análisis estadístico

Para la variable rendimiento, los análisis de estabilidad fenotípica utilizados fueron los métodos propuestos por Eberhart y Russell (1966) y Lin y Binns (1988), empleando el programa estadístico GENES versión 2013.5.1 y el método de "Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Model" – AMMI, complementado con los índices ASV (AMMI Stability Value) y YSI (Yield Stability Index) con el uso del programa R Studio versión 4.0.3. Para los caracteres cuantitativos de calidad externa (longitud polar y diámetro ecuatorial) e interna de fruto (diámetro de la cavidad placentaria, grosor de pulpa, grosor de cascara, porcentaje de pulpa y materia seca

de la pulpa) se realizaron análisis combinado de varianza y pruebas de comparación de medias Tukey al 5% para el factor genotipos, mediante el uso del programa estadístico R Studio versión 4.0.3; mientras que para los caracteres de calidad de fruto de naturaleza cualitativa (color primario y secundario de la piel del fruto, formato de fruto y color de pulpa) se realizó estadística descriptiva usando como parámetro la moda y empleando el programa Microsoft Excel 365.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de estabilidad fenotípica para el rendimiento

Para esta investigación los genotipos con coeficiente de regresión (β_i) cercanos a uno (1) fueron FTB, G1XG2 y G4XG5. Los

genotipos con mejor adaptación a ambientes desfavorables fueron FTB, G4XG5, SRFC2 y TEST; mientras que las poblaciones FTG, FTI y G1XG2 fueron las de mejor respuesta a ambientes favorables. Asimismo, los genotipos con cuadrados medios de la desviación de la regresión (S^2d) próximos a cero (0) fueron TEST y SRFC2. Sin embargo, autores como Vargas *et al.* (2016) emplean el parámetro S^2d/β_i para realizar una interpretación general de Eberhart y Russel y poder realizar un orden de estabilidad fenotípica de los genotipos, en donde, las mejores posiciones de estabilidad las ocupan aquellos genotipos que presenten el menor cociente S^2d/β_i . Acorde a lo anterior, los genotipos más estables fueron TEST y SRFC2 (Tabla 2).

Tabla 2. Valores y ranking de estabilidad del rendimiento de siete poblaciones avanzadas de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne) tipo pastelito y testigo en cuatro ambientes de la Subregión natural Caribe de Colombia. Evaluación multilocal, Agrosavia CI Caribia.

GENOTIPO	REN		Eberhart y Russell				Lin y Binns		
	(t·ha ⁻¹)	β_i		S^2d		S^2d/β_i	Pi	Pi (+)	Pi (-)
FTG	24,73 (1)	1,32	AAF	14,09	NP	10,67 [6]	0,78 [1]	0,00 [1]	1,57 [1]
G1	19,92 (2)	0,83	AAD	8,87	NP	10,69 [7]	24,94 [3]	44,19 [6]	5,69 [2]
SRFC2	19,90 (3)	0,84	AAD	-1,78	NP	-2,12 [2]	23,07 [2]	33,31 [4]	12,84 [4]
FTI	18,55 (5)	1,18	AAF	25,93	NP	21,97 [8]	32,81 [5]	12,76 [2]	52,87 [6]
G4XG5	17,60 (6)	0,89	AAD	9,24	NP	10,38 [5]	43,54 [6]	61,83 [8]	25,24 [5]
G1XG2	17,02 (7)	1,10	AAF	11,21	NP	10,19 [4]	48,47 [8]	32,09 [3]	64,85 [8]
FTB	16,79 (8)	0,99	AAD	6,35	NP	6,41 [3]	45,60 [7]	34,88 [5]	56,33 [7]
TEST	18,87 (4)	0,84	AAD	1,52	NP	1,81 [1]	28,43 [4]	44,84 [7]	12,01 [3]
MG	19,17								

REN: rendimiento; **MG:** media general; **GEN:** genotipo (poblaciones tipo pastelito: FTB, FTI, FTG, G1, G1XG2, G4XG4, SRFC2; TEST: testigo). **β_i :** coeficiente de regresión; AAF: adaptación a ambientes favorables; AAD: adaptación a ambientes desfavorables; **S^2d :** cuadrado medio de la desviación de la regresión. NP: no predecible. **Pi:** índice de superioridad general; **Pi (+):** índice de superioridad en ambientes favorables; **P (-):** índice de superioridad en ambientes no favorables. () Indica el lugar ocupado por el genotipo; []: ranking de estabilidad. **Fuente:** elaboración propia.

De acuerdo con Lin y Binns (1988) los mejores índices de estabilidad fenotípica general se obtuvieron en su orden las poblaciones FTG, SRFC2 y G1. Los genotipos FTG, FTI, G1XG2 y SRFC2 mostraron los mayores índices de superioridad en ambientes favorables; no obstante, las poblaciones FTG, G1, TEST y

SRFC2 fueron las que registraron los mayores índices de superioridad en ambientes desfavorables (Tabla 2).

En la región Caribe de Colombia el sistema productivo de ahuyama se encuentra vinculado a la agricultura familiar en donde

predomina el uso de semillas de variedades locales con alta variación fenotípica, condición que favorece la impredecibilidad del rendimiento y la producción. En este sentido, la identificación de genotipos de ahuyama con alta estabilidad proporciona una mayor predictibilidad de la producción. La estabilidad es una característica genética y por tanto los cultivares con amplia adaptación tienen una baja interacción genotipo por ambiente (GxA) (Eberhart y Russell, 1966). En Brasil estudios de GxA en ahuyama permitieron determinar que las poblaciones L11 y L12 presentaban estabilidad para las características de formato de fruto, número de frutos y rendimiento, condición que permitió otorgar su recomendación para el mercado (Santos *et al.*, 2015).

Los índices ASV y YSI permitieron estimar la estabilidad fenotípica de cada población frente a la variación ambiental, así como la combinación óptima entre estabilidad y rendimiento, facilitando una selección integral y eficiente; adicionalmente el modelo explica más del 90% de la variabilidad en sus dos primeros componentes (Figura 1a). Los resultados muestran que el cultivar SRFC2 presentó el menor valor de ASV (1,418) y se ubicó en la primera posición del ranking de estabilidad ($r_{ASV} = 1$), lo que lo posiciona como el genotipo más estable del conjunto evaluado. Este comportamiento es especialmente relevante considerando que

su rendimiento promedio fue competitivo con 20 t/ha (Tabla 3 y Figura 1b), lo que lo convierte en una opción agrónomicamente balanceada y apropiada para ambientes con alta variabilidad climática y/o edáfica.

Por otro lado, el cultivar **FTG** registró el mayor rendimiento promedio (25 t/ha) y el valor más bajo de YSI (1), lo cual evidencia una combinación destacada entre productividad y adaptabilidad. No obstante, su valor de ASV (2,767) sugiere una estabilidad moderada, por lo que este genotipo sería más adecuado para zonas con condiciones agroecológicas consistentes o bajo sistemas de manejo tecnificado. El genotipo **G1XG2** también mostró un comportamiento agrónomicamente interesante, con un ASV bajo (1,898) y un rendimiento medio de 17 t/ha. Esta combinación indica una buena estabilidad fenotípica, lo que podría favorecer su desempeño en ambientes menos homogéneos o como material base para cruzamientos orientados a estabilidad. En contraste, el genotipo **FTI** presentó el valor de ASV más alto del conjunto (4,356), lo que denota una fuerte sensibilidad a las condiciones del entorno. Esta alta inestabilidad sugiere una adaptabilidad restringida, haciéndolo menos recomendable para su liberación en ambientes variables o como material élite, salvo que se identifiquen nichos agroecológicos específicos que maximicen su expresión fenotípica (Figura 1b).

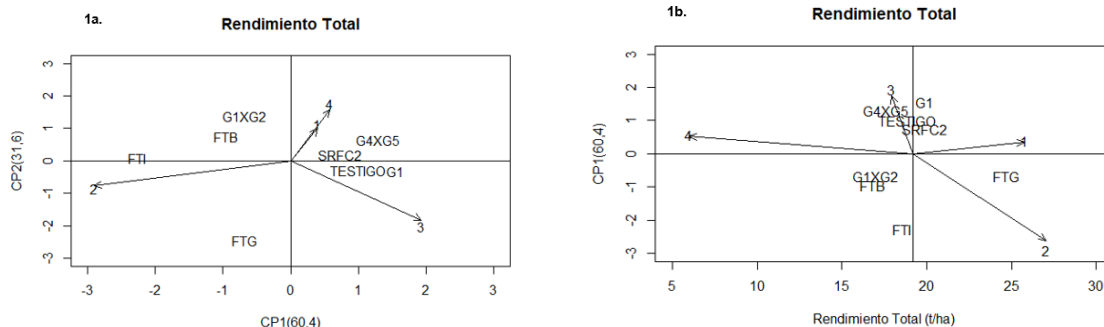


Figura 1. Biplot AMMI para la variable rendimiento (t/ha) de siete poblaciones avanzadas y un testigo (cultivar regional) de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne) evaluados en cuatro ambientes de la Subregión natural Caribe de Colombia. **1a.** Componentes principales. **1b.** Componente principal 1.

Fuente: elaboración propia.

Estos resultados confirman la utilidad del modelo AMMI y de los índices derivados como herramientas analíticas clave para la selección de cultivares de ahuyama, al permitir discriminar entre materiales altamente estables, altamente productivos y aquellos con adaptabilidad específica, contribuyendo así al diseño de estrategias de mejoramiento orientadas a distintos sistemas de producción.

Los modelos multivariados como AMMI, GGE y PCA han sido ampliamente reconocidos por su eficacia en el análisis de la interacción genotipo \times ambiente (G \times A) en ensayos multilocales, permitiendo descomponer la variabilidad total en componentes interpretables que orientan la toma de decisiones en el mejoramiento genético. Estos modelos

comparten una estructura estadística basada en la descomposición en valores singulares (SVD), sin embargo, difieren notablemente en su aplicabilidad práctica. En particular, el modelo AMMI sobresale en contextos agrícolas por su capacidad de desagregar los efectos principales de genotipo, ambiente e interacción, lo cual favorece una evaluación más precisa de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares evaluados (Kang, 2020; Kona *et al.* 2024). Esta cualidad resulta de gran utilidad en el presente estudio con cultivares de *Cucurbita moschata*, donde se identificó una interacción G \times A significativa que justificó la implementación del modelo para una caracterización más detallada de los materiales genéticos.

Tabla 3. Índices de estabilidad fenotípica con modelos AMMI en ocho cultivares de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne) evaluados en cuatro ambientes de la Subregión natural Caribe de Colombia.

Genotipos	ASV	YSI	rASV	rYSI	Rendimiento (t/ha)
FTB	1,970	12	4	8	17
FTG	2,767	7	6	1	25
FTI	4,356	13	8	5	19
G1	2,975	9	7	2	20
G1XG2	1,898	9	2	7	17
G4XG5	2,563	11	5	6	18
SRFC2	1,418	4	1	3	20
TESTIGO	1,936	7	3	4	19

Fuente: elaboración propia.

Al aplicar el modelo AMMI en siete cultivares de ahuyama evaluados en ambientes contrastantes de la región Caribe colombiana, se identificaron perfiles diferenciados en términos de estabilidad, rendimiento y adaptabilidad específica. El uso complementario de índices derivados como el ASV (AMMI Stability Value) y el YSI (Yield Stability Index) permitió clasificar los genotipos según su comportamiento agronómico integral. El cultivar SRFC2 fue el más estable, con un valor de ASV de 1,418 y rendimiento medio de 20 t/ha, características que lo hacen adecuado para

ambientes de alta variabilidad. En contraste, FTG destacó por su alta productividad (25 t/ha) y bajo YSI (1), combinando rendimiento superior con una estabilidad aceptable. Este enfoque integral también permitió identificar materiales como G1XG2 con adaptabilidad a ambientes estables y excluir otros como FTI, cuyo elevado ASV (>4,3) sugiere inestabilidad frente a condiciones cambiantes.

Estos hallazgos son congruentes con los reportes de Lagos-Santander *et al.* (2024), quienes aplicaron el modelo AMMI al cultivo de lulo y lograron seleccionar familias medio hermanas con buen desempeño estable en

distintos entornos, validando así la eficacia del modelo en especies hortícolas. De igual manera, Ponce-Encinas *et al.* (2022) evidenciaron que, en híbridos de maíz amarillo, los genotipos más productivos no siempre coincidieron con los más estables, tal como ocurre en este estudio con FTG. Este fenómeno es interpretado como una ventaja selectiva en contextos agroecológicos favorables, donde se pueden explotar genotipos de alto rendimiento, aunque presenten mayor sensibilidad al ambiente. Así mismo, Belini *et al.* (2023), observaron que genotipos altamente específicos pueden ser útiles en sistemas agrícolas segmentados, donde se buscan materiales adaptados a nichos ecológicos particulares, como puede ser el caso de FTI en ahuyama.

Desde una perspectiva aplicada, estos resultados reafirman la importancia de considerar simultáneamente el rendimiento y la estabilidad al seleccionar materiales para programas de mejoramiento en condiciones tropicales. Tal como lo indica Rodríguez *et al.* (2023b) en maíz morado, la interacción G×A representa una fuente clave de variabilidad que no puede ser ignorada en la evaluación agronómica, especialmente cuando las decisiones deben responder a entornos con alta variabilidad climática y socioeconómica. El presente estudio aporta evidencia que respalda el uso del índice YSI como herramienta integradora, facilitando la identificación de genotipos como SRFC2 y FTG que combinan rendimiento y estabilidad en distintos grados. En consecuencia, se recomienda su inclusión en etapas avanzadas de validación participativa y evaluación socioeconómica, con miras a su eventual liberación como cultivares comerciales adaptados al Caribe colombiano.

Calidad de fruto

Las poblaciones mejoradas expresaron formatos de fruto tipo pastelito (FTP)

superiores al 92% en comparación con la población testigo (TEST) que alcanzó el 51% de frutos tipo pastelito. Los genotipos FTB, G1XG2, FTI y SRFC2 fueron los que expresaron el mayor porcentaje de FTP con valores del 98,5%, 97,3%, 96,4% y 95,1% respectivamente (Tabla 4). Esta característica es muy relevante debido a que, en ahuyama el formato de fruto tipo pastelito es considerado por el mercado de regional de consumo en fresco, como el formato de primera calidad, debido al asocio positivo de esta forma de fruto con características de calidad interna tales como cavidad placentaria reducida, grosor, color y porcentaje de pulpa; además que su forma aplanada les confiere ventajas en el transporte y almacenamiento debido a la facilidad para el apilamiento. En este sentido se indica que en ahuyama a medida que el fruto tiende a ser más aplanado permite llevar a cabo de manera óptima y rápida operaciones como el acondicionamiento, embalaje y comercialización del fruto por parte del productor (Correa *et al.*, 2019a; Bustos y Salas, 2020).

Los resultados señalan que las poblaciones mejoradas expresan una alta fijación para la característica de forma de fruto tipo pastelito, la cual, corresponde a una forma aplanada y discoide. Al respecto, Vallejo y Estrada (2004) indican que en la herencia del carácter forma de fruto intervienen dos pares de genes y que la forma tipo disco es dominante sobre las formas esféricas y elongadas, lo que indica que la característica es de herencia simple y puede ser transmitida y conservada generacionalmente. El formato de fruto tipo pastelito ha sido fijado en variedades comerciales de países latinoamericanos tales como Panamá en el cultivar Centenario (De Gracia *et al.*, 2013), Chile en el híbrido F1 Daiguita (ANASAC, 2025), Colombia en la variedad UNAPAL Mandarinero (Correa *et al.*, 2019a) y Brasil en las variedades Bahiana Tropical, Moranga Coroa y Moranga

Tabla 4. Valores medios (\pm : desviación estándar) y modales para características externas de fruto de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne) tipo pastelito en cuatro ambientes de la Subregión natural Caribe. Evaluación multilocal, Agrosavia CI Caribia.

GEN	Cuantitativas						Cualitativas	
	FTP		LPF		DEF		CPPF	CSPF
	%		mm		mm			
FTG	92,4 a	\pm 9,0	106,3 b	\pm 12,0	205,6 a	\pm 18,2	Amarillos	Manchas verdes
G1	94,6 a	\pm 5,9	97,2 b	\pm 11,3	200,2 ab	\pm 15,4	Amarillos	Manchas verdes
SRFC2	95,1 a	\pm 6,1	96,1 b	\pm 11,7	190,6 ab	\pm 20,6	Verdes	Manchas amarillas
FTI	96,4 a	\pm 4,8	90,0 b	\pm 9,3	179,1 b	\pm 20,8	Verdes	Manchas amarillas
G4XG5	93,8 a	\pm 7,2	95,0 b	\pm 9,9	200,9 ab	\pm 20,0	Amarillos	Manchas verdes
G1XG2	97,3 a	\pm 6,6	91,5 b	\pm 11,4	207,8 a	\pm 25,1	Verdes	Manchas amarillas
FTB	98,5 a	\pm 2,5	86,5 b	\pm 8,6	180,8 b	\pm 18,8	Verdes	Manchas amarillas
TEST	51,1 b	\pm 9,7	141,3 a	\pm 38,8	178,2 b	\pm 14,4	Verdes	Manchas amarillas
MG	89,91		100,48		192,88		---	---

GEN: genotipo (poblaciones de ahuyama tipo pastelito: SRFC2, FTB, FTG, FTI, G1, G1XG2, G4XG5; TEST: testigo); **MG:** media general. **FTP:** frutos tipo pastelito; **LPF:** longitud polar del fruto; **DEF:** diámetro ecuatorial del fruto; **CPPF:** color primario de la piel del fruto (color predominante); **CSPF:** color secundario de la piel del fruto (color predominante) Valores con letras distintas denotan diferencias significativas al 5% ($P \leq 0,05$) según la prueba de Tukey. **Fuente:** elaboración propia.

Exposição e híbrido Corina F1 entre otras (TOPSEED, 2025).

La longitud polar del fruto (LPF) y el diámetro ecuatorial del fruto (DEF) presentaron medias generales de 100,5 mm y 192,9 mm respectivamente. Los valores medios en LPF y DEF de las poblaciones mejoradas fue similar entre sí, en comparación con el valor del genotipo testigo. Los colores externos de los frutos fueron predominantemente verdes con manchas amarillas y amarillos con manchas verdes (Tabla 4). El índice de esfericidad (IE) que corresponde al cociente de LPF/DEF para las poblaciones mejoradas oscilo entre 0,44 y 0,53. Al respecto, Bustos y Salas (2020) señalan que frutos con $IE < 1$ indican formas de fruto aplanado o achatado que corresponde a la forma del fruto tipo pastelito.

Las características internas de fruto como diámetro de la cavidad placentaria (DCP), grosor de pulpa (GPF), grosor de cascara (GCF), porcentaje de pulpa (PPUL), materia

seca de pulpa (MS) y color de pulpa (CPF), registraron medias generales de DCP = 107,2 mm; GPF = 38,6 mm; GCF = 4,4 mm; PPUL = 39,9%, MS = 11,1% y CPF = amarillo intenso respectivamente (Tabla 5). Para el mercado de consumo fresco de ahuyama, se cuentan con referentes de requerimientos de calidad de fruto tales como DCP < 130 mm, GPF \geq 35 mm, PULP \geq 40%, MS \geq 10% y colores para la pulpa de frutos entre amarillo y salmón (Ortiz *et al.*, 2013). Para la característica DCP las poblaciones mejoradas y el testigo cumplieron con este criterio de calidad, siendo las poblaciones FTB, FTI y G1XG2 las que presentaron menores valores medios en su cavidad placentaria. Para la característica GPF solamente la población testigo no cumplió el requerimiento de GPF \geq 35 mm, mientras que para el PPUL los genotipos G1XG2, FTB, SRFC2 y G4XG5 cumplieron con el criterio de calidad. En cuanto a la materia seca de la pulpa del fruto (MS) las poblaciones FTI, FTB, TEST, SRFC2 y G4XG5 cumplieron el criterio de calidad de MS; el resto de las poblaciones registro valores medios entre 9,5 y 9,9%. Para

el CPF, los valores modales fueron amarillo intenso con excepción del genotipo SRFC2 que registro color modal de pulpa de naranja

intermedio, dichos colores de pulpa son acordes a los requerimientos de calidad del mercado de consumo fresco regional.

Tabla 5. Valores medios (\pm : desviación estándar) y modales para características internas de fruto de ahuyama (*Cucurbita moschata* Duchesne) tipo pastelito en cuatro ambientes de la Subregión natural Caribe. Evaluación multilocal, Agrosavia CI Caribia.

GEN	Cuantitativas					Cualitativas	
	DCP	GPF	GCF	PPUL	MS	CPF	
	Mm	mm	mm	%	%		
FTG	113,9 a \pm 13,9	40,5 ab \pm 4,7	4,7 a \pm 0,9	39,5 ab \pm 4,3	9,7 de \pm 3,3	9	Ai
G1	111,7 a \pm 10,7	39,4 ab \pm 7,0	4,8 a \pm 1,4	39,1 ab \pm 4,8	10,0 de \pm 3,0	9	Ai
SRFC2	108,6 a \pm 10,8	38,5 ab \pm 4,7	4,7 a \pm 1,6	40,5 ab \pm 3,2	11,5 bcd \pm 2,4	12	Ni
FTI	100,3 a \pm 11,8	35,4 b \pm 6,2	4,0 a \pm 1,4	39,3 ab \pm 3,8	13,5 a \pm 3,3	10	Ai
G4XG5	108,5 a \pm 9,5	40,7 ab \pm 6,0	4,9 a \pm 1,2	40,5 ab \pm 3,9	10,7 cde \pm 3,3	9	Ai
G1XG2	105,0 a \pm 7,7	44,7 a \pm 8,6	4,3 a \pm 0,9	42,7 a \pm 4,1	9,5 e \pm 3,3	9	Ai
FTB	99,7 a \pm 10,8	37,0 ab \pm 6,1	4,1 a \pm 0,6	41,1 ab \pm 4,5	12,3 ab \pm 3,7	10	Ai
TEST	110,1 a \pm 9,9	32,9 b \pm 4,9	3,9 a \pm 0,7	37,0 b \pm 4,4	11,8 bc \pm 4,3	9	Ai
MG	107,21	38,64	4,43	39,93	11,09		---

GEN: genotipo (poblaciones de ahuyama tipo pastelito: SRFC2, FTB, FTG, FTI, G1, G1XG2, G4XG5; TEST: testigo); **MG:** media general. **DCP:** diámetro de la cavidad placentaria; **GPF:** grosor de la pulpa del fruto; **GCF:** grosor de la cascara del fruto; **PPUL:** porcentaje de pulpa del fruto; **MSF:** materia seca del fruto; **CPF:** color de la pulpa del fruto (según escala 7 al 15 de Roche). **Ai:** amarillo intenso; **Ni:** naranja intermedio. Valores con letras distintas denotan diferencias significativas al 5% ($P \leq 0,05$) según la prueba de Tukey. **Fuente:** elaboración propia.

CONCLUSIÓN

Los resultados permitieron identificar a la población SRFC2 como el genotipo candidato a ser registrado ante el ICA como nueva variedad mejorada de ahuyama al presentar estabilidad del rendimiento y características agronómicas superiores al testigo, principalmente en calidad de fruto con un 44% más de frutos tipo pastelito, el cual es el considerado como el principal atributo para la categorización de frutos de primera calidad; condición que le otorgará ventajas comparativas a nivel comercial frente a las semillas de cultivares regionales.

Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Agrosavia y al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación con fondos públicos al proyecto: F2 VARIEDAD AHUYAMA PASTELITO CARIBE ID 1001153.

Conflicto de interés

Los autores declaran que esta información corresponde a un trabajo original y no existió conflicto de intereses de ningún tipo en la elaboración y publicación del manuscrito.

REFERENCIAS

- Agronet. 2026.** Área Cosechada, Producción y Rendimiento de Ahuyama 2019- 2024. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx>
- Anasac. 2025.** Catálogo de semillas. [https://anasac.cl/agropecuario/wp-content/uploads/sites/2/2025/05/CATALOGO ANASAC 2025 SEMILLAS COMPLETO.pdf](https://anasac.cl/agropecuario/wp-content/uploads/sites/2/2025/05/CATALOGO_ANASAC_2025_SEMILLAS_COMPLETO.pdf)
- Barcia, J. y Mendoza, F. 2021.** Inclusión de harina integral de zapallo como pigmentante natural en la crianza de pollos (Coob500). Rev. Colombiana Cienc. Anim. Recia. 13(2):e838 <https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.838>
- Belini, M., Silva, A., Oliveira, L., Medeiros, E. y Silva, C. 2023.** Uma Aplicação do Modelo AMMI para Avaliar a Produtividade de Milho em Vários Ambientes. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, 10(1): 1-2. <https://proceedings.sbmac.emnuvens.com.br/sbmac/article/view/4320>
- Bustos, J. y Salas, C. 2020.** Caracterización física, fisicoquímica y bromatológica de cuatro poblaciones élites (SRF C2, LP-BABY, LP-INTERMEDIOS Y LP-GRANDE) de ahuyama (*Cucurbita moschata*) mejoradas, cultivadas en la región caribe. Tesis ingeniero agroindustrial, Universidad del Atlántico, Barranquilla.
- Correa, E., Yacomelo, M., León, R., Orozco, A. y Silva, G. 2019a.** Modelo productivo de ahuyama para la región Caribe colombiana. Ediciones Agrosavia, Bogotá. 216p.
- Correa, E., Martínez, A., Orozco, A., Silva, G., Tordecilla, L. y Rodríguez, M. 2019b.** Análisis de un sistema productivo agrícola en el Caribe: tecnología de producción, patrón de costos e indicadores económicos de la producción de ahuyama. Revista de Economía del Caribe, 23: 46-69. <https://doi.org/10.14482/ecoca.23.3033>
- De Gracia, N., Guerra, J. y Aguilera, V. 2013.** Variedad de zapallo Centenario. Instituto de investigación agropecuaria de Panamá-IDIAP. <http://www.idiap.gob.pa/download/variedad-de-zapallo-centenario/?wpdmdl=1366>
- Eberhart, S. y Russell, W. 1966.** Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 6: 36-40. <https://doi.org/10.2135/ropsci1966.0011183X000600010011x>
- Etana, D. y Merga, D. 2021.** Additive Main Effect and Multiplicative Interaction Model (AMMI) in Plant Breeding Stability Analysis: Review. Journal of Agricultural Research Pesticides and Biofertilizers, 2(3): 1-7. <https://aditum.org/journals/agricultural-research-pesticides-and-biofertilizers/archive/458>
- Flórez, D. y Cobos, K. 2021.** Análisis de la inclusión de *Cucurbita moschata* sobre los parámetros productivos en pollos de engorde. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 22(3), e2123. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2123
- García, L., Torregroza, E. y Marsiglia, R. 2023.** Aprovechamiento agroalimentario de la ahuyama: un aporte orientado a la seguridad y soberanía alimentaria del caribe colombiano. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, 230 p.

- García, L., Quintana, S. y Torregroza, E. 2024.** Nuevos ingredientes tecnológicos a partir de la ahuyama: características, propiedades, usos y aplicaciones. Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, 225p.
- Hleap, J., Cruz, J., Durán, L., Hernández, D., Reina, L. y Tilano, N. 2020.** Evaluation of pumpkin flour (*Cucurbita moschata* Duch.) added as a meat extender in Frankfurt-type sausages. *Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo.* 52(2): 395-404. <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs3/index.php/RFCA/article/view/4016>
- Kang, M.S. 2020.** Genotype-environment interaction and stability analyses: an update. In: Kang (Ed). *Quantitative genetics, genomics and plant breeding*, 2nd Edition. CAB International. p140 – 161.
- Kates, H., Soltis, P. y Soltis, D. 2017.** Evolutionary and domestication history of *Cucurbita* (pumpkin and squash) species inferred from 44 nuclear loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 111: 98–109. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2017.03.002>
- Kona, P., Ajay, B.C., Gangadhara, K., Kumar, N., Choudhary, R., Mahatma, M., Singh, S., Reddy, K., Bera, S., Sangh, Ch., Rani, K., Chavada, Z. and Solanki, K. 2024.** AMMI and GGE biplot analysis of genotype by environment interaction for yield and yield contributing traits in confectionery groundnut. *Sci Rep* 14, 2943. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52938-z>
- Mendoza, F., Vargas, P., Solórzano, M., Párraga, R., Vivas, W. y Alcivar, J. 2023.** Evaluación de la harina integral de zapallo en los parámetros productivos y la pigmentación de la yema de huevo. *Revista Científica, FCV-LUZ / 33: rfcv-e33232*, 1-6. <https://doi.org/10.52973/rfcv-e33232>
- Lagos, L., Alvarado, D. y Burbano, T. 2024.** Interacción genotipo por ambiente de *Solanum quitoense* (Lam.) usando el modelo AMMI. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 18(2): 1-11. <https://doi.org/10.17584/rcch.2024v18i2.17442>
- Lin, C. y Binns, M. 1988.** Superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Canadian Journal of Plant Science*, v. 68, p. 193-198. <https://doi.org/10.4141/cjps88-018>
- Ortiz, S., Vallejo, F., Baena, D., Estrada, E. y Valdés, M. 2013.** Zapallo para consumo en fresco y fines agroindustriales: Investigación y desarrollo. Universidad Nacional de Colombia, editorial UNAL, Palmira Valle del Cauca. 250p.
- Ponce, M., López, F., Chura, J., Hernández, E., Hernández, G. y Aragón, A. 2022.** Interacción genotipo-ambiente del rendimiento en híbridos de maíz amarillo mediante AMMI y SREG. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(7): 1247-1258. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3070>
- Rodríguez, G., Ramírez, A., Franco, F., Mendoza, J., Meza, A., Ortiz, F. y Enríquez, E. 2023a.** Rendimiento y componentes agronómicos en híbridos de maíz morado (*Zea mays* L.) usando el modelo AMMI. *Anales Científicos* 84(1): 54-67. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v84i1.1681>
- Rodríguez, R., Valdés, M., Ortiz, J. y Ortiz, S. 2023b.** Carotenogénesis y pigmentos en *Cucurbita* spp. *Revista UDCA actualidad y divulgación científica.* 26(1):e2218. <https://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2218>

Santos J.O; Rodrigues R; Leal NR; Sudré CP; Ferreira RT; Lima FH. 2015. Estabilidade fenotípica em abóbora. Horticultura Brasileira 33: 498-503. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000400015>

TOPSEED. 2025. Sementes do abobora. <https://www.hortavivasementes.com.br/sementes/abobora>

Vallejo, F. y Estrada, E. 2004. El cultivo de Zapallo *Cucurbita moschata* (Duch ex lam) Duch ex Poir *Cucurbita maxima* (Duch ex Lam). En: Producción de hortalizas de clima cálido. pp. 107-142.

Vargas, E., Vargas, J. y Baena, D. 2016. Análisis de estabilidad y adaptabilidad de híbridos de maíz de alta calidad proteica en diferentes zonas Agroecológicas de Colombia. Acta Agronómica. 65(1): 72-79. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.43417>