

Evaluación agronómica de germoplasma promisorio de batata (*Ipomoea batatas*) en el departamento del Valle del Cauca, Colombia

Agronomic evaluation of promising sweet potato (*Ipomoea batatas*) germplasm in the department of Valle del Cauca, Colombia

Rodríguez-Henao E¹, Aguilera-Arango GA¹, Rosero A^{2*}

¹ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira. Diagonal a la intersección de la Carrera 36A con Calle 23, Palmira, Valle, Colombia.

² Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, Centro de Investigación Turipaná. km. 13, vía Montería - Cereté, Córdoba, Colombia.

RESUMEN

La batata (*Ipomoea batatas* L.) es una especie de importancia económica, ya que contribuye a la seguridad alimentaria de millones de personas. Sin embargo, en Colombia esta especie es subutilizada, cultivándose de forma artesanal en la región Caribe. El objetivo de este estudio fue evaluar las características agronómicas de germoplasma de batata, bajo las condiciones agroambientales del departamento del Valle del Cauca, Colombia. Se sembraron 29 genotipos usando un diseño de bloques completos al azar y 27 genotipos, para su uso como parentales en una parcela única y evaluar la producción de semilla sexual para procesos de recombinación genética. Se encontró una respuesta diferencial entre los genotipos evaluados, sobresaliendo el genotipo 1115-200_BOL con un rendimiento de raíces tuberosas totales y de primera categoría de 64.9 t ha⁻¹ y 52.7 t ha⁻¹ respectivamente, y un porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría del 81 %. En la producción de estructuras reproductivas, los genotipos que se destacaron fueron 0615-070_COR, 1215-227_BOL y la variedad Agrosavia Aurora. Todas estas características indicaron que es posible establecer procesos de mejoramiento y la inserción de la batata como cultivo, bajo las condiciones agroambientales del Valle del Cauca. Además, se identificaron como posibles cultivares comerciales los genotipos 1115-200_BOL y 1215-232_SUC para esta región de Colombia.

Palabras clave: Batata; genotipos; raíces tuberosas; rendimiento; variabilidad.

ABSTRACT

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is a species of economic importance, because it contributes to the food security of millions of people. However, in Colombia, this specie is underutilized, being cultivated in an artisanal way in the Caribbean region. The objective of this study was to evaluate the agronomic characteristics of sweet potato germplasm, under the agro-environmental conditions of the department of Valle del Cauca, Colombia. Twentynine genotypes were sown using a randomized complete block design and 27 genotypes, for use as parents in a single plot and evaluate the production of sexual seed for genetic recombination processes.

A differential response was found between the evaluated genotypes, the genotype 1115-200_BOL exhibited the highest total and first category tuberous roots yield, 64.9 t ha⁻¹ and 52.7 t ha⁻¹, respectively; showing high percentage of first category tuberous roots (81 %). Genotypes 0615-070_COR, 1215-227_BOL and the Agrosavia Aurora variety showed abundant production of reproductive structures. In general, all these traits suggested that it is possible to establish sweet potato breeding processes as well as its insertion as alternative crop, under the agro-environmental conditions of the Valle del Cauca. In addition, the 1115-200_BOL and 1215-232_SUC genotypes were identified as possible commercial cultivars for this region of Colombia.

Key words: Sweet potato; genotypes; tuberous roots; yield; variability.

INTRODUCCIÓN

La especie *Ipomoea batatas* (L.), cuyo centro de origen es América tropical, es una planta perteneciente a la familia Convolvulaceae. En Colombia es comúnmente conocida como papa dulce o batata, en Cuba se conoce como boniato y en Ecuador, México y Perú como camote (García-Méndez *et al.*, 2016). Como alimento, la batata hace parte del grupo de raíces y tubérculos, reconocidos principalmente por ser fuente de carbohidratos, como el almidón que brinda gran aporte calórico y energía, además de otros componentes como el betacaroteno presente en variedades de pulpa naranja o antocianinas en las variedades de pulpa morada, compuestos que aportan diferentes beneficios a la salud humana, lo que hace de este cultivo un sistema productivo clave para la seguridad alimentaria (Murillo-Martínez *et al.*, 2021).

En el mundo, se cultivan nueve millones de hectáreas (ha) de batata, con una producción anual estimada en 126 millones de toneladas (t), siendo China el principal productor con cerca de 54 millones de t, lo que representa el 43 % de la producción total (Faostat, 2020). En Colombia este cultivo se produce en pequeñas explotaciones agrícolas, especialmente en la zona Caribe, donde predomina el bajo uso de tecnologías, presentándose rendimientos de tan solo 6.3 t ha⁻¹; sin embargo, el potencial del cultivo debido a las

condiciones climáticas ha permitido el desarrollo de nuevas variedades que han exhibido un rendimiento alrededor de 20 t ha⁻¹, evidenciando la riqueza varietal que se encuentra en Colombia, gracias a la alta diversidad genética de batata (Rosero-Alpala *et al.*, 2019). Por esta razón, es importante realizar evaluaciones de potencial agronómico como sistema productivo y de adaptación como sistema agrícola en otras regiones de Colombia que permitan fomentar el cultivo (Mercado-Villar *et al.*, 2019).

La batata es una especie que posee gran variabilidad genética, que le permite adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Rayas-Cabrera *et al.*, 2019). Sin embargo, como sistema productivo requiere de algunas condiciones agroecológicas específicas, ya que factores ambientales como la intensidad lumínica, el fotoperiodo, el tipo de suelo, la temperatura, la humedad relativa y las altas precipitaciones pueden influir no solo en la floración natural de esta especie, sino también en la capacidad de producir semillas sexuales y en la calidad y el contenido de nutrientes de las raíces tuberosas (Cantoral-Quispe *et al.*, 2020). Como cultivo, la batata se desarrolla bien en zonas con temperatura entre 20 y 30 °C y fotoperiodo de 12 a 13 horas por día; suelos aireados, livianos y con altos contenidos de materia orgánica (Cobeña *et al.*, 2017). La floración en la batata está influenciada directamente por el fotoperiodo, prefiriendo días cortos y temperaturas altas, encontrándose que días cortos de 10 horas y temperaturas promedio de 30 °C favorecen la mayor producción de estructuras florales, frutos y semilla sexual (Chang-La-Rosa y Rodríguez-Delfín, 2002).

La alta variabilidad fenotípica de la batata se observa en su adaptación a diferentes condiciones ambientales, especialmente a diferentes altitudes, ya que puede establecerse entre los 0 y los 3000 msnm (Martínez-Moreno *et al.*, 2020). Esta adaptación a ambientes contrastantes garantiza su fomento como cultivo comercial en diferentes zonas agroecológicas con diferente calidad y cantidad de radiación, que influyen en la eficiencia fotosintética (Adebola *et al.*, 2013), y su capacidad de producir raíces tuberosas. Genotipos con alta eficiencia de cobertura del suelo a través de la producción de biomasa foliar regulan su tasa fotosintética y parámetros asociados con el uso eficiente de agua, aspectos que benefician la habilidad de formar raíces tuberosas incluso en condiciones de estrés por alta temperatura y baja disponibilidad de agua (Burbano-Erazo *et al.*, 2020; Pérez-Pazos *et al.*, 2021).

De otro lado, el valle geográfico del río Cauca es una de las zonas con mayores índices de desarrollo agrícola de Colombia, entre sus ventajas presenta suelos con buena fertilidad, tiene diferentes pisos térmicos y cuenta con distritos de riego, lo que ha favorecido el establecimiento de gran variedad de cultivos en esta zona (Aguilera-Arango y Ortiz-Cabrera, 2020). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer la adaptación de genotipos de batata, en condiciones ambientales del valle geográfico del río Cauca, Colombia, además de que se tiene interés en conocer el rendimiento del cultivo y el comportamiento de los genotipos,

lo que les permitiría ser utilizados en programas de mejoramiento genético de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Los ensayos de evaluación de rendimiento y producción de semilla sexual se realizaron en instalaciones de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, en el Centro de Investigación Palmira, ubicado en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, con coordenadas geográficas N 3°30'51.14", O 76°18'49.20" a una altura media de 1001 msnm, temperatura media anual de 23.4 °C y precipitación anual de 1050 mm. La investigación tuvo lugar entre junio de 2020 y marzo del 2021, donde se registraron de forma semanal las variables climáticas temperatura, humedad relativa y precipitación. Los valores promedio durante la duración del experimento fueron los siguientes: (I) temperatura (mínima: 19.3 °C; media: 23.7 °C y máxima: 29.7 °C), (II) humedad relativa (mínima: 58.2 %; media: 75.5 % y máxima: 93 %); y (III) la precipitación acumulada de 914.7 mm.

Material vegetal

El germoplasma evaluado procede de la colección de batata realizada y custodiada por La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) entre los años 2013 y 2016. Estos materiales fueron evaluados agrónomicamente de manera preliminar en el Centro de Investigación Turipaná, ubicado en el municipio de Cereté, departamento de Córdoba, donde fueron seleccionados los genotipos con características de interés como el alto rendimiento por unidad de área de raíces tuberosas y presencia de pigmentos naturales con compuestos bioactivos (color naranja y amarillo con contenido de betacarotenos; color morado con contenido de antocianinas), para uso como parentales en procesos de recombinación genética. Para ello, fueron seleccionados 29 genotipos promisorios por variables de rendimiento (Tabla 1) y 27 genotipos de interés como parentales por su contenido de carotenos y antocianinas (Tabla 2).

Para la propagación de las plantas, se utilizó semilla vegetativa con la finalidad de garantizar la identidad genética de cada genotipo (Okon-Nsa *et al.*, 2013). Se emplearon esquejes de los segmentos apical y preapical de las guías de la planta madre, la cual contaba con tres meses de desarrollo. Cada esqueje tenía entre 20 y 30 cm de longitud y 4 a 6 yemas viables, de las que fueron enterradas dos yemas en el caballón a un ángulo de 45 grados e inmediatamente se aplicó riego por goteo para garantizar el prendimiento del esqueje (Essilfie *et al.*, 2016).

Establecimiento del ensayo

La preparación del terreno se realizó con tractor, con un pase de subsolador y dos pases de arado. Posteriormente se realizó el levantamiento de camas o caballones a 1 m entre camas y una altura aproximada de 0.5 m. La siembra se

realizó a 0.3 m entre plantas y 1 m entre surcos, usando dos surcos, cada uno con 17 plantas para un total de 34 plantas por genotipo como parcela experimental de 10 m².

Tabla 1. Genotipos de batata seleccionados para su evaluación agronómica bajo condiciones del Valle del Cauca, Colombia

Table 1. Sweet potato genotypes selected for agronomic evaluation under conditions of Valle del Cauca, Colombia

Genotipo	Procedencia			Color de pulpa
	Municipio, Departamento	Latitud	Longitud	
0515-012_GUA	San Juan del Cesar, Guajira	10°45'19.1"	73°9'9.6"	Blanca
0515-03_CES	Becerril, Cesar	9°42'52.1"	73°16'2.7"	Naranja
0615-037_MAG	Plato, Magdalena	9°47'12.12"	74°47'36.6"	Naranja
0615-042_BOL	Zambrano, Bolívar	9°46'46.5"	74°48'52.3"	Naranja
0615-044_BOL	Carmen, Bolívar	9°40'32.6"	75°06'24.6"	Amarilla
0615-046_BOL	Carmen, Bolívar	09°44'31.7"	75°07'8.6"	Naranja
0615-052_COR	Tierralta, Córdoba	08°2'46.8"	76°10'13.9"	Naranja
0615-057_COR	Tierralta, Córdoba	08°3'20.8"	76°09'49.8"	Naranja
0615-070_COR	Lorica, Córdoba	9°18'20.0"	75°55'19.9"	Blanca
0615-071_COR	San Bernardo, Córdoba	9°19'11.8"	76°3'57.2"	Blanca
0915-144_ANT	Chigorodó, Antioquia	7°34'26.8"	76°43'51.5"	Naranja
0915-177_ANT	San Juan de Urabá, Antioquia	8°42'22.8"	76°36'28.4"	Naranja
1115-187_ATL	Santa Lucía, Atlántico	10°18'50.3"	74°57'19.1"	Amarilla
1115-188_ATL	Santa Lucía, Atlántico	10°18'50.4"	74°57'19.1"	Naranja
1115-189_ATL	Santa Lucía, Atlántico	10°18'50.5"	74°57'19.2"	Naranja
1115-190_ATL	Suan, Atlántico	10°17'24.6"	74°55'37.5"	Naranja
1115-191_ATL	Suan, Atlántico	10°17'24.9"	74°55'36.7"	Naranja
1115-193_BOL	Arroyohondo, Bolívar	10°13'5.2"	75°2'15.2"	Amarilla
1115-200_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'47.3"	75°6'29.2"	Naranja
1115-206_ATL	Santa, Atlántico	10°21'58.5"	75°1'37.9"	Naranja
1115-207_ATL	Tubará, Atlántico	10°50'50.9"	74°58'19.2"	Blanca
1215-222_BOL	Arjona, Bolívar	10°13'56.7"	75°20'27.6"	Blanca
1215-229_SUC	San Onofre, Sucre	09°41'49"	75°29'31.9"	Naranja
1215-232_SUC	San Antonio de Palmito, Sucre	9°19'47.5"	75°30'24.7"	Naranja
1215-239_CUB	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'8"	Amarilla
0316-256-STR	Palmasi, Santander	6°32'21.4"	73°17'33.4"	Blanca
Criolla	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'8"	Naranja

191002-55	Palmira, Valle del Cauca	3°30'7"	76°21'22"	Naranja
Agrosavia Aurora	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'08"	Naranja

Tabla 2. Genotipos de batata seleccionados para su evaluación por floración bajo condiciones del Valle del Cauca, Colombia

Table 2. Sweet potato genotypes selected for evaluation by flowering under conditions of Valle del Cauca, Colombia

Genotipo	Procedencia			Color de pulpa
	Municipio, Departamento	Latitud	Longitud	
0113-624_VAL	Palmira, Valle del Cauca	3°30'7"	76°21'22"	Blanca
0615-070_COR	Lorica, Córdoba	9°18'20"	75°55'19.9"	Blanca
0715-078_CES	Valledupar, Cesar	10°41'28"	73°19'31.1"	Blanca
0715-084_CES	Valledupar, Cesar	10°42'22.9"	73°17'47.7"	Blanca
0915-220_ANT	No Registra, Antioquia	7°34'28.7"	76°43'47.1"	Blanca
1215-222_BOL	Arjona, Bolívar	10°13'56.7"	75°20'27.6"	Blanca
1215-234_SUC	San Antonio de Palmito, Sucre	9°17'27.3"	75°33'11.7"	Blanca
0113-656_COR	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'8"	Morada
0416-317_TOL	Chaparral, Tolima	3°34.51'	75° 37.58'	Morada
0515-026_GUA	Dibulla, Guajira	11°12'45.4"	73°24'21.2"	Morada
0615-050_BOL	Carmen, Bolívar	09°46'14.3"	75°8'32.4"	Morada
1215-227_BOL	San Pablo, Bolívar	10°2'7.7"	75°16'32.5"	Morada
0416-334_TOL	Rioblanco, Tolima	3°18'39"	75° 48'19"	Naranja
1115-191_ATL	Suan, Atlántico	10°17'24.9"	74°55'36.7"	Naranja
120-2145	Gamarra, Cesar	8°19'43.6"	73°43'52.8"	Naranja
1215-233_SUC	San Antonio de Palmito, Sucre	9°17'55.28"	75°33'23.9"	Naranja
0113-650_VAL	Palmira, Valle del Cauca	3°30'7"	76°21'22"	Amarilla
0113-733_VAL	Palmira, Valle del Cauca	3°30'7"	76°21'22"	Amarilla
0416-300_STR	Piedecuesta, Santander	6°56'22.1"	73°1'16.4"	Amarilla
0515-031_CES	Valledupar, Cesar	10°27'53.8"	73°14'50.3"	Amarilla
1115-199_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'47.3"	75°6'28.9"	Amarilla
1115-201_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'46.8"	75°6'29.2"	Amarilla
1115-202_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'46.6"	75°6'29.6"	Amarilla
1115-204_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'47.2"	75°6'29.6"	Amarilla
1115-205_BOL	Mahates, Bolívar	10°12'47.2"	75°6'29.7"	Amarilla
1215-239_CUB	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'8"	Amarilla
Agrosavia Aurora	Montería, Córdoba	8°45'35"	75°53'8"	Amarilla

Diseño experimental

Se utilizó un diseño estadístico de bloques completos al azar (BCA) con tres bloques (repeticiones), y 29 tratamientos correspondientes a los genotipos en evaluación. El modelo que se describe a continuación explica el comportamiento de cada material genético, interpretándose mediante un diseño en BCA (Martínez y Martínez, 1997).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

μ = es la media general.

β_i = es el efecto del *i*-ésimo bloque.

t_j = es el efecto del *j*-ésimo tratamiento

e_{ij} = es el error experimental en el *i*-ésimo bloque bajo el *j*-ésimo tratamiento.

Variables de respuesta

En el ensayo de evaluación agronómica se analizaron las variables de respuesta: (I) número de raíces tuberosas de primera categoría (peso entre 80 y 1000 g, sin daños causados por plagas o enfermedades y sin deformaciones) por parcela experimental, (II) peso de raíces tuberosas de primera categoría, (III) rendimiento estimado de raíces tuberosas totales, (IV) rendimiento estimado de raíces tuberosas de primera categoría, (V) porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría con base en el peso total de la parcela, como indicador de la calidad en raíces tuberosas producidas por cada genotipo, (VI) porcentaje de materia seca (relación de Peso en fresco/Peso seco * 100), para lo cual se pesaron 300 g de pulpa de batata picada en trozos pequeños, posteriormente secado al horno durante 48 horas a 72 °C y al final del secado se volvieron a pesar. Las raíces tuberosas que no presentaron las características de primera categoría se consideraron como descarte. El rendimiento estimado de raíces tuberosas se calculó con base en una densidad de siembra de 33 mil plantas por hectárea. En el ensayo de evaluación de producción de semilla sexual a libre polinización se evaluaron las variables: (I) número de flores producidas por cada genotipo (para lo cual se realizó un conteo del número de flores totales producidas por m²), (II) número de frutos producidos (se cosecharon y contaron las capsulas o frutos formados a partir de las flores producidas por m²), y (III) número de semillas sexuales producidas (a los frutos cosechados se les extrajeron las semillas sexuales formadas).

Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para las variables agronómicas evaluadas en los 29 genotipos. En los casos en que se detectaron diferencias estadísticas significativas a un nivel de $\alpha=0.01$ y $\alpha=0.05$, se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey con un límite de confianza de 95 %. En la parcela de 27 genotipos de batata seleccionados para uso como parentales se realizó un análisis descriptivo para las variables de producción de estructuras reproductivas a libre polinización. La información recopilada fue procesada y analizada con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) versión 9.4 (SAS Institute, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento agronómico de los genotipos de batata evaluados

En el establecimiento de las parcelas de evaluación se obtuvo un prendimiento de 100 % de los esquejes, debido posiblemente al uso de material vegetal recién cosechado y su riego después de la siembra.

Con base en la cosecha de batata, el ensayo de evaluación agronómica que se realizó cuatro meses después de la siembra, mediante el ANDEVA se pudo identificar que, para las variables de respuestas analizadas se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.01$) entre los genotipos evaluados, permitiendo evidenciar así que es posible encontrar diferentes niveles de expresión para los caracteres de interés agronómicos evaluados según la escala de respuesta para cada variable (NRTPC: Número de raíces tuberosas de primera categoría. PRTPC: Peso de raíces tuberosas de primera categoría. RERTT: Rendimiento estimado de raíces tuberosas totales. RERTPC: Rendimiento estimado de raíces tuberosas de primera categoría. PRTPC: Porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría. CMS: Contenido de materia seca).

El ANDEVA mostró que, para las características de interés evaluadas, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.01$) entre los genotipos, lo cual indica que por lo menos uno de los genotipos presentó valores de respuesta estadísticamente diferentes al de los demás (Tabla 3), según se presenta en los resultados de comparación de promedios más adelante.

Tabla 3. Análisis de varianza para el ensayo de evaluación agronómica en 29 genotipos de batata

Table 3. Analysis of variance for the agronomic evaluation test in 29 sweet potato genotypes.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios					
		NRTPC	PRTPC	RERTT	RERTPC	PRTPC	CMS
Bloque	2	4709.7**	1018.5**	1031.3**	978.9**	3207.9**	2.77 ns
Genotipo	28	1850.4**	219.7**	264.1**	211.2**	466.1**	25.22**
Error	56	124.2	19.3	52.7	18.5	115.9	7.8
Total corregido	86						
R ²		0.89	0.88	0.76	0.88	0.74	0.61
CV		33.2	31.3	20.1	31.3	30.1	10.14

Nivel de significancia: $p<0.05$ (*), $p<0.01$ (**), no significativas (ns). **NRTPC:** Número de raíces tuberosas de primera categoría, **PRTPC:** Peso de raíces tuberosas de primera categoría, **RERTT:** Rendimiento estimado de raíces tuberosas totales, **RERTPC:** Rendimiento estimado de raíces tuberosas de primera categoría, **PRTPC:** Porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría, **CMS:** Contenido de materia seca, **R²:** Ajuste del modelo, **GL:** Grados de libertad, **CV:** Coeficiente de variación.

El número de raíces tuberosas comerciales o de primera categoría por parcela experimental, permitió identificar que el genotipo 1115-200_BOL presentó el valor promedio más alto (140), seguido de la variedad Agrosavia Aurora con 70.7 unidades, mientras que los genotipos con menor número de raíces tuberosas fueron 1115-189_ATL, 0915-144_ANT, y 0515-012_GUA con 17, 16.7 y 16, respectivamente (Figura 1).

Para la variable peso de raíces tuberosas de batata de primera categoría, se encontró que el genotipo 1115-200_BOL presentó el mayor valor promedio con 53.7 kg en promedio por parcela experimental de 34 plantas, seguido

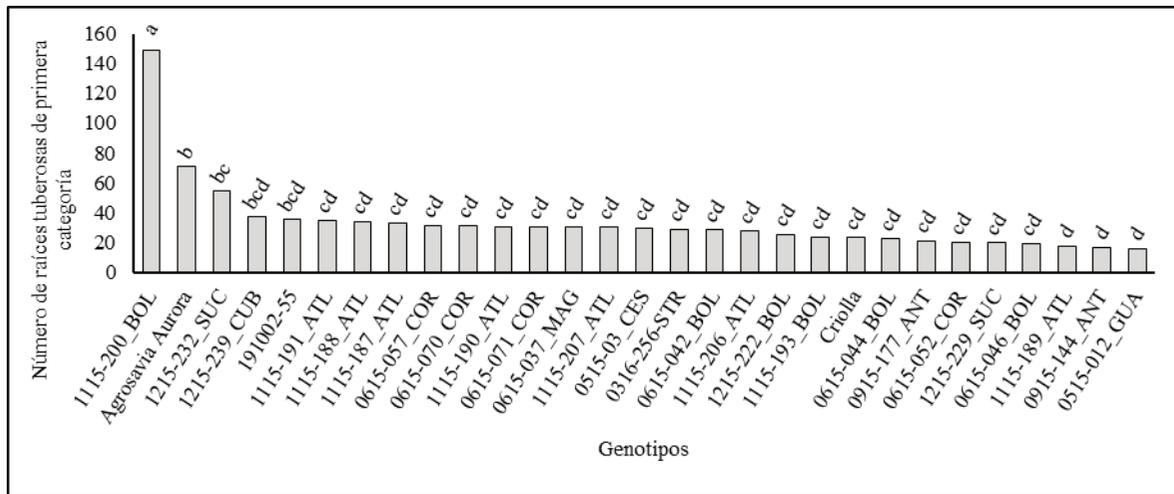


Figura 1. Comparación de medias de Tukey para la producción de raíces tuberosas de batata de primera categoría en el Valle del Cauca, Colombia. Genotipos con letra distinta difieren estadísticamente ($p \leq 0.01$).

Figure 1. Tukey comparison of means in first category sweet potato tuberos roots production in Valle del Cauca, Colombia. Genotypes with different letters differ statistically ($p \leq 0.01$).

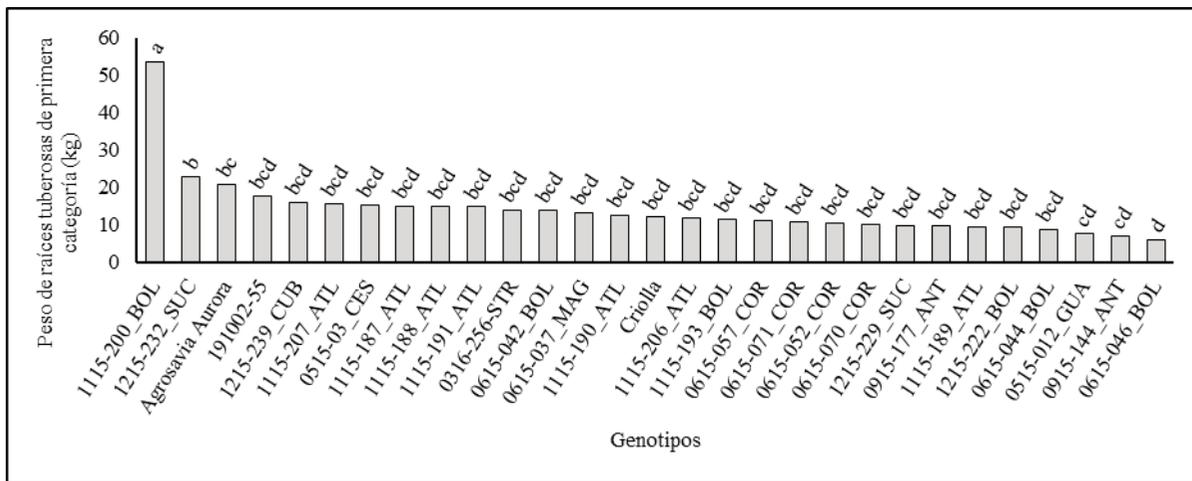


Figura 2. Comparación de promedios de Tukey para el peso de raíces tuberosas de batata de primera categoría en el Valle del Cauca, Colombia. Genotipos con letra distinta difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Figure 2. Tukey comparison of means for the weight of first category sweet potato tuberos roots in Valle del Cauca, Colombia. Genotypes with different letters differ statistically ($P \leq 0.05$).

del genotipo 1215-232_SUC y la variedad Agrosavia Aurora con 22.9 y 20.9 kg respectivamente (Figura 2).

En cuanto al promedio de rendimiento estimado de raíces tuberosas totales, se encontró que el conjunto de genotipos evaluados presentó un valor promedio de 36.1 t ha⁻¹, con un mínimo de 23.2 t ha⁻¹ y un máximo de 64.9 t ha⁻¹. Los genotipos con el mayor rendimiento estimado de raíces tuberosas totales, superior a 40 t ha⁻¹ fueron: 1115-200_BOL (64.9 t ha⁻¹) seguido de la variedad Agrosavia Aurora (52.3 t ha⁻¹), 0615-052_COR (49.2 t ha⁻¹), 1115-191_ATL (49.1 t ha⁻¹), 191002-55 (45.7 t ha⁻¹), 0615-044_BOL (42 t ha⁻¹), 1115-188_ATL (41.8 t ha⁻¹) y 0515-03_CES (40.9 t ha⁻¹) (Figura 3). La reducción de raíces tuberosas comerciales se presentó principalmente por el daño causado por plagas que afectaron directamente la corteza y pulpa de la raíz tuberosa, así como también roedores que se comen la pulpa, afectando

directamente el atributo comercial, lo cual concuerda con lo reportado por Castellón y González (2020). Igualmente se presentaron malformaciones de las raíces tuberosas, como la formación de cintura, cuarteamiento y abultamientos irregulares causadas debido a factores abióticos como cambios de temperatura en el suelo, fluctuación en la humedad del suelo, deficiencias nutricionales y factores bióticos como el ataque de nematodos (Clark & Moyer, 1991), las cuales se categorizaron como no comerciales por su aspecto no uniforme (Azevedo *et al.*, 2014). Sin embargo, se encontró un rendimiento estimado de raíces tuberosas de primera categoría en un rango de rendimiento entre 5.9 y 52.7 t ha⁻¹. Los genotipos con el mayor rendimiento estimado de raíces tuberosas de primera categoría, superior a las 15 t ha⁻¹ fueron: 1115-200_BOL (52.7 t ha⁻¹), 1215-232_SUC (22.4 t ha⁻¹), la variedad Agrosavia Aurora (20.5 t ha⁻¹) y 191002-55 (17.3 t ha⁻¹) (Figura 3).

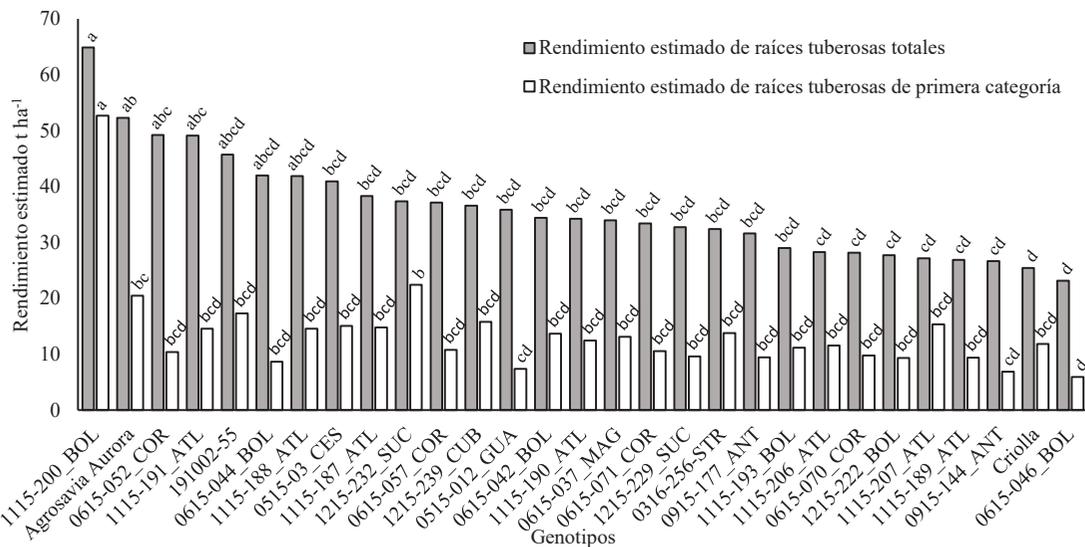


Figura 3. Comparación de promedios de Tukey para el rendimiento estimado de raíces tuberosas totales y de primera categoría de batata en el Valle del Cauca, Colombia. Genotipos con letra distinta difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Figure 3. Tukey means comparison of estimated yield for total and first category tuberous roots of sweet potato in Valle del Cauca, Colombia. Genotypes with different letters differ statistically ($P \leq 0.05$).

Los resultados muestran que el mejor genotipo por rendimiento estimado de raíces tuberosas totales y de primera categoría fue el 1115-200_BOL con 64.9 y 52.7 t ha⁻¹, respectivamente. Es importante indicar que, aunque la variedad Agrosavia Aurora presentó alto valor promedio de rendimiento estimado de raíces tuberosas totales con 52.3 t ha⁻¹, esta variedad presentó alto descarte de raíces tuberosas con 60.8 %, mientras que el clon 1115-200_BOL presentó el menor valor de porcentaje de descarte entre todos los genotipos evaluados con 18.8 %.

La cuantificación de la relación entre raíces tuberosas comerciales y totales se dio mediante el cálculo del porcen-

taje de producción de raíces tuberosas de batata de primera categoría, de esta forma se encontraron valores promedios entre 81.2 y 19 %, siendo el genotipo 1115-200_BOL el de mayor producción en porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría con 81.2 %, seguido por los genotipos 1215-232_SUC con 58 % y 1115-207_ATL con 51 %, los demás genotipos presentaron una producción de raíces tuberosas de primera categoría menor al 50 % (Figura 4).

Estos resultados fueron consistentes con estudios previos, ya que a pesar de la capacidad que tiene la batata para adaptarse a una amplia gama de condiciones de crecimiento, es sensible a la variación ambiental (Pinedo-Taco

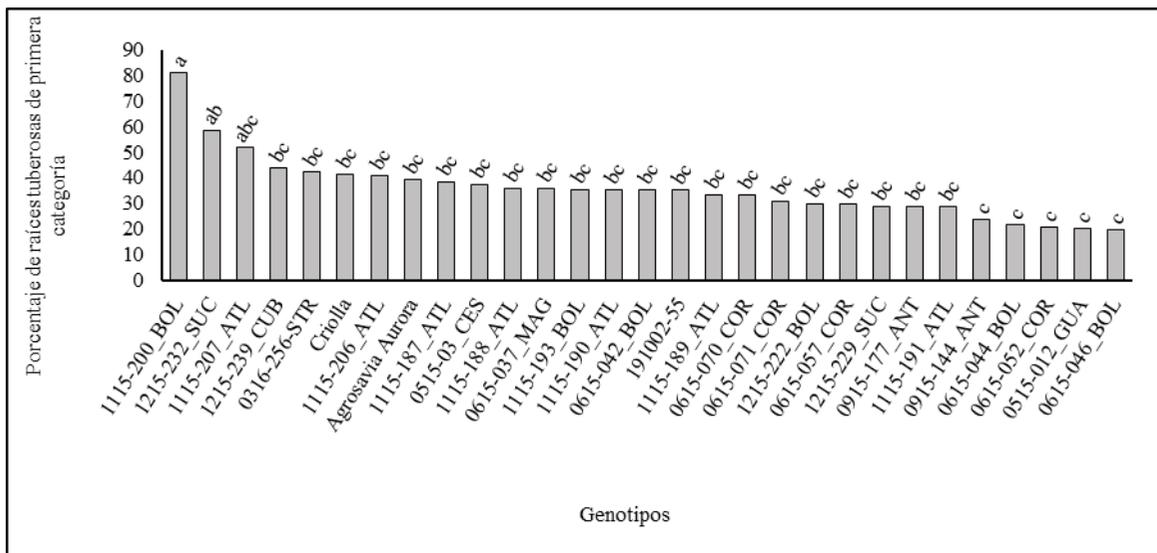


Figura 4. Comparación de promedios de Tukey para la producción de raíces tuberosas de batata de primera categoría, medida en porcentaje respecto al total de raíces tuberosas producidas en el Valle del Cauca, Colombia. Genotipos con letra distinta difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

Figure 4. Tukey comparison of means for first category sweet potato tuberous roots production, measured as a percentage of the total number of tuberous roots produced in Valle del Cauca, Colombia. Genotypes with different letters differ statistically ($P \leq 0.05$).

Source: Self-made.

et al., 2017), se ha reportado la influencia significativa de la interacción del genotipo ambiente en rasgos como rendimiento de raíces tuberosas totales, rendimiento de raíces tuberosas comerciales y contenido de materia seca (Adebola *et al.*, 2013). Este estudio permitió reconocer que la mejor respuesta para las variables de rendimiento de raíces tuberosas (número de raíces tuberosas de primera categoría, peso de raíces tuberosas de primera categoría, y porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría) la presentaron los genotipos 1115-200_BOL y 1215-232_SUC, los cuales presentaron un desarrollo homogéneo de raíces tuberosas con un formato deseable para su comercialización.

Algunos genotipos presentaron un desempeño agronómico reducido por debajo de 30 t ha⁻¹ 115-193_BOL, 1115-206_ATL, 0615-070_COR, 1215-222_BOL, 1115-207_ATL, 1115-189_ATL, 0915-144_ANT, Criolla y 0615-046_BOL; y algunos incluso cuando su rendimiento total fue superior a 40 t ha⁻¹ el porcentaje de raíces tuberosas de primera categoría fue bajo, entre estos se encuentran la variedad Agrosavia Aurora con un 39.2 % de raíces tuberosas de primera categoría, 0615-052_COR (21.1 %), 1115-191_ATL (29.6 %), 191002-55 (37.8 %), 0615-044_BOL (20.6 %), 1115-188_ATL (34.8 %) y 0515-03_CES (36.8 %). Estos resultados evidencian la amplia riqueza genética en los materiales colectados y su potencial adaptación a las condiciones del Valle del Cauca; así como también las condiciones ambientales favorables como el suelo (Arenas-Julio *et al.*, 2021) para promover un buen llenado de raíces tuberosas, preservando la calidad física e impactando en el rendimiento del cultivo. En algunos casos, la contribución del ambiente a la variación en el rendimiento de la batata es mayor que la del genotipo (Adebola *et al.*, 2013). Sin embargo, la respuesta de los genotipos varía en diferentes ambientes (Grüneberg *et al.*, 2005), igualmente, el rendimiento de raíces tuberosas totales y el rendimiento de raíces tuberosas de primera categoría o comerciales

varía según el cultivar entre épocas y distancias de siembra de manera diferente (Duque *et al.*, 2022). En batata se han identificado genotipos con rendimiento estable en diferentes localidades (Abidin *et al.*, 2005), mientras que en otros casos se ha identificado adaptabilidad específica (Manrique y Hermann, 2000). Por esta razón, se deben realizar estudios de adaptación en diferentes localidades, con la finalidad de identificar variedades específicas por sitio (Jiménez-León *et al.*, 2020), lo cual corrobora los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se confirma el potencial de algunos genotipos de batata para esta región de Colombia.

Para la variable contenido de materia seca, se encontró una variación con valores entre 30.6 y 18 % para los 29 genotipos evaluados. El genotipo con mayor contenido de materia seca fue 1115-190_ATL seguido de 0915-177_ANT y 1215-22_BOL los cuales no presentaron diferencias estadísticas para esta variable con respecto a 26 genotipos de la evaluación, presentado diferencia en el valor promedio de contenido de materia seca únicamente respecto a la variedad Agrosavia Aurora, la cual presentó el menor valor para esta variable (Figura 5).

Estos resultados fueron consistentes con previos resultados reportados por Lebot (2010) que caracterizan la batata en tres grupos de acuerdo a su color de pulpa: (i) cultivares de pulpa blanca y crema con muy alto porcentaje de materia seca ($\approx 25\text{--}35\%$); (ii) cultivares con alto contenido de materia seca ($\approx 20\text{--}30\%$), bajo contenido de azúcar y contenido medio de carotenoides, y (iii) cultivares con bajo contenido de materia seca y alto contenido de azúcar y carotenoides, particularmente de pulpa naranja profundo y de interés para exportación. Sin embargo, dentro de la diversidad evaluada se encontró algunos genotipos de pulpa anaranjada con contenidos de materia seca cercanos al 30 %, siendo estos materiales de gran interés para ser consideradas como futuras variedades en la localidad evaluada, debido a que

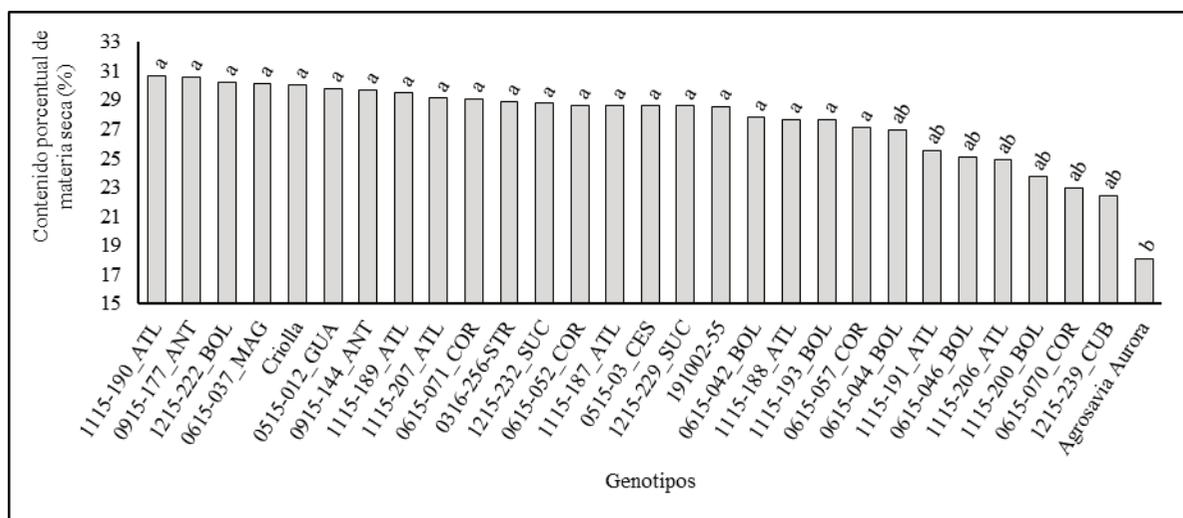


Figura 5. Comparación de promedios de Tukey para el contenido de materia seca en diferentes genotipos de batata evaluados en el Valle del Cauca, Colombia. Genotipos con letra distinta difieren estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Figure 5. Tukey comparison of means for dry matter content in different sweet potato genotypes evaluated in Valle del Cauca, Colombia. Genotypes with different letters differ statistically ($p \leq 0.05$).

la acumulación de materia seca es un buen indicativo para cuantificar efectos ambientales dentro de un germoplasma evaluado (Monroy-Pedroza *et al.*, 2021). Existen diferentes factores que afectan el contenido de materia seca en batata como el genotipo, área geográfica, cantidad de luz, clima, prácticas culturales, tipo de suelos (Kathabwalika *et al.*, 2016), entre otras. En este caso particular, tanto el genotipo como las condiciones agroecológicas del Valle del Cauca influyeron sobre el excelente comportamiento, especialmente en los genotipos de pulpa naranja.

Producción de estructuras reproductivas

La evaluación de producción de flores, frutos y semilla sexual se realizó durante cuatro meses, después de seis meses de haberse establecido las parcelas únicas en campo. A partir de los resultados obtenidos se logró identificar que los 27 genotipos evaluados produjeron flores, frutos y semillas en diferentes proporciones, siendo diferencial entre genotipos, lo cual corresponde con lo reportado por Namoy Mwanja (2014).

Producción de flores

Bajo condiciones agroambientales del departamento del Valle del Cauca, la evaluación de la producción de flores/m² de cada genotipo permitió identificar que, a libre polinización todos los genotipos evaluados tienen la capacidad de producir floración. Por m² se encontró una producción entre 248 y 37 flores, con un promedio de 130.4 flores por genotipo. Los genotipos con mayor número de flores/m² fueron 1215-227_BOL, variedad Agrosavia Aurora, 0615-070_COR, 0515-026_GUA, y 1115-205_BOL con más de 200 flores producidas (248, 246, 227, 217 y 208 respectivamente); los genotipos con menor producción de flores fueron 0416-334_TOL y 0113-656_COR con menos de 50 flores/m² (41 y 37 respectivamente) (Figura 6). La floración de todos los genotipos evaluados favorece la recombinación genética a

partir de cruzamientos dirigidos o poli cruza para la mejora de este cultivo en la zona evaluada, ya que para producir semilla sexual la floración es un requisito (Lestari *et al.*, 2019).

Producción de frutos

La producción de cápsulas o frutos de batata presentó una variación entre 216 y 17 frutos/m², con un promedio de 73.6 frutos/m² para los genotipos evaluados. Los genotipos con mayor producción de frutos fueron 0615-070_COR y 1215-227_BOL con 216 y 212 frutos/m², y los genotipos de menor producción de frutos (menos de 25 frutos/m²) fueron 0113-656_COR, 0416-334_TOL y 0715-078_CES con 19, 18, y 17 frutos/m² (Figura 6).

Los porcentajes de producción de frutos cosechados, respecto al total de flores producidas fluctuó entre 9.5 y 16.5 % con un promedio de 53.1 % de producción de frutos en todo el ensayo. Los mayores porcentajes de producción de frutos los presentaron los genotipos 0615-070_COR, 1215-227_BOL y la variedad Agrosavia Aurora, con porcentajes de 95.15, 85.48 y 80.08 % respectivamente; los genotipos con menor porcentaje de producción de frutos fueron 0416-300_STR, 0515-031_CES, y 0715-078_CES con menos del 25 % de producción de frutos (24.53, 24.27 y 16.5 % respectivamente).

Estos resultados de fructificación (cuajado de frutos) son relevantes para proyectos de mejoramiento genético de esta especie, ya que en la principal zona de producción de batata en Colombia el desarrollo de estructuras reproductivas es nula en muchos genotipos, debido a la oferta agroambiental que limita la producción de flores y el cuajado de frutos (Chang-La-Rosa y Rodríguez-Delfín, 2002). Los resultados son comparables con lo reportado por Lestari *et al.* (2019) en la obtención de materiales recombinantes con diferentes genotipos de batata en Indonesia con un porcentaje de cuajado de frutos entre 35 y 87 %.

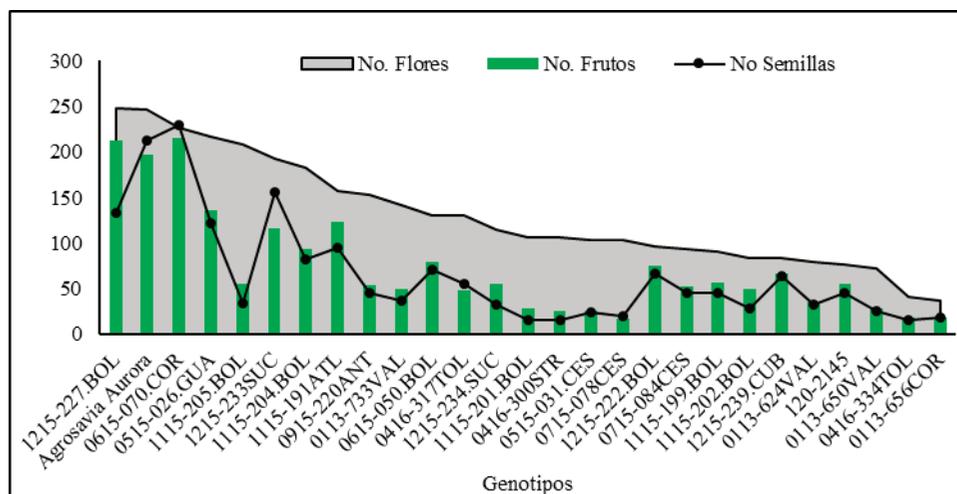


Figura 6. Producción de estructuras reproductivas en 27 genotipos de batata para uso como parentales evaluados en el Valle del Cauca, Colombia.

Figure 6. Production of reproductive structures in 27 sweet potato genotypes for use as parents evaluated in Valle del Cauca, Colombia.

Producción de semilla sexual o botánica

La producción de semilla se presentó entre 230 y 16 unidades con un promedio de 65.6 semillas. Los genotipos con producción mayor a 200 semillas fue el genotipo 0615-070_COR seguido de la variedad Agrosavia Aurora con 230 y 212 unidades respectivamente. Los genotipos con la producción más baja de semilla (inferior a 25 semillas/m²) fueron 0515-031_CES, 0715-078_CES, 0113-656_COR, 0416-334_TOL, 1115-201_BOL, y 0416-300_STR (Figura 6).

El porcentaje de cuajamiento de los frutos fluctuó entre 16.5 y 95.15 %, con un promedio general de 53.1 %, los bajos porcentajes de cuajado de frutos se debe principalmente a la incompatibilidad que presentan algunos genotipos de esta especie (Lebot, 2009). El mayor porcentaje de cuajamiento de frutos lo presentaron los genotipos 0615-070_COR con 95.15 % y 1215-227_BOL con 85.48 %; y la variedad Agrosavia Aurora con 80.01 %. Como se puede observar en la figura 6, hay producción de estructuras reproductivas en todos los genotipos. Sin embargo, la cantidad de flores, frutos y semillas es diferente para cada uno de ellos. La floración natural en batata es favorecida en ambientes con temperaturas que oscilan entre 16 y 27 °C, debido a que valores de temperatura superiores a este rango afecta la aparición de flores en esta especie (Hammett, 1985). Lo anterior posiblemente se debe a que un incremento en la temperatura aumenta la tasa de transpiración y por lo tanto la disminución en el movimiento de algunos elementos esenciales como el hierro, que es un elemento mineral importante para la floración de batata (Salisbury y Ross, 1992).

De acuerdo con los requerimientos climáticos para el desarrollo del cultivo de batata (Cobeña *et al.*, 2017) y las condiciones para su floración (Chang-La-Rosa y Rodríguez-Delfín, 2002), la zona de estudio de la presente evaluación agronómica ubicada en el departamento del Valle del Cauca, Colombia, cumple con las condiciones agroambientales para la producción del cultivo de manera comercial de acuerdo con las variables ambientales reportadas en este documento durante el desarrollo del estudio.

La respuesta de producción floral en todos los genotipos evaluados abre la posibilidad de adelantar programas de mejoramiento genético de este cultivo a través de cruza-mientos dirigidos entre genotipos seleccionados (Morales-Rodríguez *et al.*, 2017). De acuerdo con lo anterior, es oportuno aprovechar la recombinación genética en la producción de poblaciones mejoradas con características nutricionales y alto rendimiento de raíces tuberosas, aprovechando la oferta agroambiental del departamento del Valle del Cauca, con la finalidad de ampliar la base genética de la batata en Colombia.

CONCLUSIONES

Se logró establecer y evaluar germoplasma de batata bajo condiciones del valle geográfico del río Cauca, donde se observaron resultados de desempeño agronómico de esta especie que permiten argumentar su adaptación en esta región. Como posibles cultivares comerciales para esta

región del país se identificaron los genotipos 1115-200_BOL y 1215-232_SUC, debido a que presentaron una destacada producción y peso de raíces tuberosas de primera calidad con respecto a los demás genotipos evaluados. Igualmente, se encontraron resultados favorables respecto a la producción de estructuras reproductivas en los genotipos evaluados para su posterior uso como parentales, lo que evidencia que las condiciones ambientales son apropiadas para la producción de semillas sexuales, útiles para la generación de nuevas variedades en proyectos de mejoramiento genético de batata.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no declaran conflictos de interés.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MADR) por la financiación de la presente investigación que hace parte del macroproyecto “Desarrollo de estrategias de manejo integrado del cultivo, postcosecha y aprovechamiento integral del cultivo de batata en Colombia” ejecutado por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

REFERENCIAS

- Abidin, P.F., van Eeuwijk, F., Stam, P., Struik, C., Malosetti, M., Mwanga, M., Odongo, B., Hermann M. y Carey, E. 2005. Adaptation and stability analysis of sweet potato varieties for lowinput systems in Uganda. *Plant Breeding*. 124(5): 491-497. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2005.01149.x>
- Adebola, P.O., Shegro, A., Laurie, S.M., Zulu, L.N. y Pillay, M. 2013. Genotype x environment interaction and yield stability estimate of some sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] breeding lines in South Africa. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*. 5(9): 182-186. <https://doi.org/10.5897/JPCS2013.0387>
- Aguilera-Arango, G.A. y Ortiz-Cabrera, J.C. 2020. Distribución geográfica del caracol gigante africano en predios agrícolas del Valle del Cauca, Colombia. *Centro Agrícola*. 47(1): 5-12.
- Arenas-Julio, Y.R., Escalante-Estrada, J.A.S., Aguilar-Carpio, C., Rodríguez-Gonzalez, M.T., Sosa-Montes, E. 2021. Rentabilidad y rendimiento de girasol en función del tipo de suelo, nitrógeno y biofertilizante. *Biotecnia*. 23(1): 45-51. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i1.1284>
- Azevedo, A.M., Andrade de Júnior, V.C., Viana, D.J.S., Elsayed, A.Y.A.M., Pedrosa, C.E., Neiva, I.P. y Figueiredo, J.A. 2014. Influence of harvest time and cultivation sites on the productivity and quality of sweet potato. *Horticultura Brasileira*. 32(1): 21-27. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000100004>
- Burbano-Erazo, E., Cordero, C., Pastrana, I., Espitia, L., Gomez, E., Morales, A., Pérez, J., López, L. y Rosero, A. 2020. Interrelation of Ecophysiological and Morpho-Agronomic Parameters in Low Altitude Evaluation of Selected Ecotypes of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam.). *Horticulturae*. 6(4): 99. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6040099>
- Cantoral-Quispe, E., Chavez-Cabrera, A. y Flores-Lázaro, A. 2020. Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas* L. Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales. *Scientia Agropecuaria*. 11(1): 39-48. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.05>

- Castellón, M.C. y González, R.E. 2020. Primer informe de lesiones ocasionadas por *Spodoptera latifascia* (W.) (Lepidoptera: Noctuidae) en raíces tuberosas de boniato. *Agricultura Tropical*. 6(2): 59-62.
- Chang-La-Rosa, M. y Rodríguez-Delfín, A. 2002. Inducción fotoperiódica para lograr floración en cinco genotipos de camote *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Ecología Aplicada*. 1(1): 51-56. <https://doi.org/10.21704/rea.v1i1-2.229>
- Clark, C., A. Moyer, J., W. 1991. Compendio de enfermedades de la batata (Camote, boniato). The American Phytopathological Society St. Paul, Minnesota, E.U.A. ISBN 9290601507, 9789290601500. 97 pp.
- Cobeña, G., Cañarte, E., Mendoza, A., Cárdenas, F.M y Guzmán A.M. 2017. Manual técnico del cultivo de camote. Manual N° 106. INIAP Estación Experimental Portoviejo. Manabí-Ecuador.
- Duque, L.O., Sánchez, E., Pecota, K., Yencho, C. 2022. A Win-Win Situation: Performance and Adaptability of Petite Sweetpotato Production in a Temperate Region. *Horticulturae*, 8, 172. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020172>
- Essilfie, M.E., Dapaah, H.K., Tevor, J.W. y Darkwa, K. 2016. Number of Nodes and Part of Vine Cutting Effect on the Growth and Yield of Sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) in Transitional Zone of Ghana. *International Journal of Plant & Soil Science*. 9(5): 1-14. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/22776>
- Faostat, FAO statistical databases. [Consultado 21 Enero 2022] 2020. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>
- García-Méndez, A.D., Pérez-Darniz, M.Y., García-Méndez, A.A. y Madriz-Iztúriz, P.M. 2016. Caracterización postcosecha y composición química de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lamb.) variedad Topera. *Agronomía Mesoamericana*. 27(2): 287-300. <https://doi.org/10.15517/AM.V27I2.21426>
- Grüneberg, W.J., Manrique, K., Zhang, D., Hermann, M. 2005. Genotype X Environment Interactions for a Diverse Set of Sweetpotato Clones Evaluated across Varying Ecogeographic Conditions in Perú. *Crop Science*. 45(6): 2160-2171. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.0533>
- Hammett, H. 1985. *Ipomoea batatas*. C.R.C. In: Handbook of Flowering Vol. III. A.H. Havelly (Ed.). CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida, USA.
- Jiménez-León, J., Rascón-Chu, A., López-Elías, J., Sánchez-Villegas, A. 2020. Efecto de la variedad y fecha de siembra en el potencial productivo de remolacha azucarera. *Biotecnia*. 22(3): 5-10. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.969>
- Kathabwalika, D.M., Chilembwe, E.H.C. y Mwal, V.M. 2016. Evaluation of dry matter, starch and beta-carotene content in orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) genotypes tested in three agro-ecological zones of Malawi. *African Journal of Food Science*. 10(11): 320-326. <https://doi.org/10.5897/AJFS2016.1471>
- Lestari, S.U., Hapsari, R.I., y Basuki, N. 2019. Crossing Among Sixteen Sweet Potato Parents for Establishing Base Populations Breeding. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. <http://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.1485>.
- Lebot, V. 2010. Sweet Potato. In: Handbook of plant breeding, Root and Tuber Crops. J.E. Bradshaw (Ed.), pp 97-126. Springer. United Kingdom.
- Lebot, V. 2009. Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams and aroids, CAB, Oxfordshire, UK. Pp. 91-274. DOI:10.1079/9781845934248.0000
- Manrique, K. y Hermann, M. 2000. Efecto de la interacción GxÉ sobre el rendimiento de la raíz y el contenido de betacaroteno de las variedades seleccionadas de la batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y los clones de reproducción. Informe del programa CIP. Centro Internacional de la papa. Lima, Perú.
- Martínez, R. y Martínez, N. 1997. Diseño de Experimentos - Análisis de Datos Estándar y No Estándar. Fondo Nacional Universitario. Bogotá, Colombia.
- Martínez-Moreno, D., Reyes-Matamoros, J., Andrés-Hernández, A.R. y Rivas-Arancibia, S.P. 2020. Desarrollo de variedades de camote morado bajo la óptica de plasticidad fenotípica. *RD-ICUAP*. 6(18): 17-25.
- Mercado-Villar, L.C., Barrera-Violeth, J.L. y Romero-Ferrer, J. 2019. Efecto de la densidad siembra en el crecimiento de genotipos de batata (*Ipomoea batatas* L. Lamb.). En: Sistema de siembra y uso eficiente de recursos. J.L. Hernández-Burgos y E., Cabrales-Herrera (eds.), pp 5-22. CECAR, Sincelejo, Colombia.
- Monroy-Pedroza, D., Martínez-Hernández, J.J., Gavi-Reyes, F., Torres-Aquino, M., Hernández-Ríos, I. 2021. Crecimiento, acumulación y distribución de materia seca en dos variedades de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* y *A. cruentus*) bajo fertigración. *Biotecnia*. 23(3): 14-21. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i3.1399>
- Morales-Rodríguez, A., Morales-Tejón, A.L., Rodríguez-de-Sol, D., Rodríguez-Morales, S.J. y Morales-Romero, L.M. 2017. INIVIT B-50, nuevo cultivar de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) para la agricultura cubana. *Cultivos Tropicales*. 38(2): 81-81.
- Murillo-Martínez, M., Alvis-Bermúdez, A. y Arrazola-Paternina, G. 2021. Propiedades fisicoquímicas y funcionales del almidón obtenido de dos variedades de batata (*Ipomoea batatas*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 19(1): 117-127. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)117-127](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)117-127)
- Namo, O.A.T. y Mwanja, Y.P. 2014. Flowering and seed production patterns of tropical accessions of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). *Tropical Agriculture*. 91(1): 1-8.
- Okon-Nsa, S., Okon, D.P. y Robert, S.P. 2013. Comparative effects of chicken manure and NPK on the yield of *Ipomoea batatas*. *Journal of Agricultural and Crop Research*. 1(6): 90-93.
- Pérez-Pazos, J.V., Rosero, A., Martínez, R., Pérez, J., Morelo, J., Araujo, H. y Burbano-Erazo, E. 2021. Influence of morpho-physiological traits on root yield in sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) genotypes and its adaptation in a sub-humid environment. *Scientia Horticulturae*. 275: 109703. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109703>
- Pinedo-Taco, R., Rodríguez-Soto, G., Valverde-Reyes, N. 2017. Rendimiento de 10 clones de camote (*Ipomoea batatas* L.) en Trujillo, La Molina, San Ramón y Huaral. *Aporte Santiaguino*. 10(1): 87-98. <https://doi.org/10.32911/as.2017.v10.n1.185>
- Rayas-Cabrera, A., López-Torres, J., Medero-Vega, V.R., Basail-Pérez, M., Santos-Pino, A. y Gutiérrez-Sánchez, Y. 2019. Conservación *in vitro* de cultivares de *Ipomoea batatas* (L.) Lam por crecimiento mínimo con el uso de manitol. *Biotecnología Vegetal*. 19(1): 43-51.
- Rosero-Alpala, E.A., Pastrana-Vargas, I., García-Peña, J.A., Espitia-Montes, A.A., Sierra-Naranjo, C.M., Sierra-Monroy, J.A. y García-Herazo, J.L. 2019. Agrosavia Aurora: Variedad de batata de pulpa anaranjada para el Caribe colombiano. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Mosquera, Colombia.
- Salisbury, F.B. y Ross, C.W. 1992. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica. México, México.
- SAS Institute. 2018. SAS User's Guide: Statistics, version 9.4. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA.