

## Nota técnica

# REPRODUCCIÓN DE SEMILLA DE BATATA (*Ipomoea batatas*) VAR. AGROSAVIA AURORA EN COLOMBIA

Amaury Aroldo Espitia-Montes<sup>1/\*</sup>, Sol Mara Regino-Hernández<sup>2</sup>, Antonio María Martínez-Reina<sup>3</sup>, Joaquín Alfonso García-Peña<sup>4</sup>, Ricardo Enrique Tamara-Morelo<sup>5</sup>, Shirley Patricia Pérez-Cantero<sup>6</sup>

**Palabras clave:** Papa dulce; rendimiento; esqueje; prendimiento; rentabilidad.

**Keywords:** Sweet potato; yield; cuttings; stand establishment; profitability.

Recibido: 14/02/2020

Aceptado: 02/06/2020

## RESUMEN


**Introducción.** La especie *Ipomoea batatas* (L.) Lamb es una planta dicotiledónea de la familia Convolvulaceae, originaria de la zona tropical de América. **Objetivo.** Determinar la edad de corte y segmentos del tallo de la variedad de batata Agrosavia Aurora, para obtener semilla. **Materiales y métodos.** El estudio fue realizado en el Centro de Investigación Turipaná de AGROSAVIA, donde se evaluó la tecnología de producción de esquejes de batata a diferentes edades de cosecha y segmentos del tallo. Se utilizó un diseño de parcelas divididas con 3 repeticiones y se evaluó el porcentaje de prendimiento, rendimiento de raíces y el retorno económico. **Resultados.** Los mejores prendimientos se presentaron con esquejes cortados a 60 días después

## ABSTRACT


**Seed reproduction of sweet potato (*Ipomoea batatas*) variety Agrosavia Aurora in Colombia. Introduction.** The species *Ipomoea batatas* (L.) Lamb is a dicotyledonous plant of the Convolvulaceae family, native to the tropical zone of America. **Objective.** To determine cutting age and stem segments of sweet potato variety Agrosavia Aurora in order to obtain quality cuttings for sowing. **Materials and methods.** The study was carried out at the Turipana Research Center of AGROSAVIA, where the production technology of sweet potato cuttings at different cutting ages and stem segments was evaluated. A split block design with 3 replications was used and sprouting percentage, field yield, and economic return were evaluated. **Results.**

\* Autor para correspondencia. Correo electrónico: aespitia@agrosavia.co


1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

 0000-0002-8057-9483.


2 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

 0000-0002-9325-7336.


3 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

 0000-0002-9312-842X.


4 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

 0000-0002-1805-9487.

5 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Bolívar, Colombia.

 0000-0002-7251-1374.

6 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. Centro de investigación Turipaná, Córdoba, Colombia.

 0000-0001-5260-0321.

de la siembra (DDS) con un 84,7% y 90 días con 74,9% que superaron a los de 120 días (67,9%). Los prendimientos de los segmentos de semilla apical y preapical fueron de 83,4 y 80,2%, respectivamente. En producción de raíces, los mayores valores se obtuvieron con semilla cortada a los 60 DDS (26 903 kg.ha<sup>-1</sup>), la cual presentó diferencia estadística con respecto a las cortadas a los 90 y 120 DDS, al ser esta última la de menor valor (18 679 kg.ha<sup>-1</sup>). En cuanto a tipo de semilla la de mayor producción fue obtenida por medio del segmento apical (25 309 kg.ha<sup>-1</sup>) sin ser desde el punto de vista estadístico, diferente a la preapical (24 296 kg.ha<sup>-1</sup>) y superó en producción a la del tercer (20 504 kg.ha<sup>-1</sup>) y cuarto segmento (17 578 kg.ha<sup>-1</sup>). **Conclusión.** Los segmentos apical y preapical con edad de corte de 60 DDS fueron los mejores.

Segments cut at 60 and 90 days after sowing (DAP) showed higher sprouting, with values of 84.7 and 74.9%, respectively; statistically exceeding that of segments cut at 120 DDS (67.9%). Sprouting of segments from the apical and preapical portion of the stem were 83.4 and 80.2%, respectively. In root yield, the highest values were obtained with cuttings from segments cut at 60 DDS (26 903 kg.ha<sup>-1</sup>), which presented statistical differences with respect to those cut at 90 and 120 DAP, as the latter presenting the lowest yield (18 679 kg.ha<sup>-1</sup>). Regarding type of seed, the one with the highest production was obtained through the apical segment (25 309 kg.ha<sup>-1</sup>) without being statistically different from the preapical (24 296 kg.ha<sup>-1</sup>), and also exceeded in production that of the third (20 504 kg.ha<sup>-1</sup>) and fourth segment (17 578 kg.ha<sup>-1</sup>). **Conclusion.** Apical and preapical segments with a cut-off age of 60 DAP were the best for obtaining cuttings for planting sweet potatoes.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Ipomoea batatas* (L.) Lamb., conocida como batata, papa dulce, camote o boniato, es una planta dicotiledónea que pertenece a la familia Convolvulaceae, es perenne y herbácea de tallos rastreros, originaria de la zona tropical de América (Sihachakr *et al.* 1995, Pérez y Pacheco 2005). Estudios realizados mediante marcadores moleculares hallaron que la mayor diversidad genética se encuentra en América Central que es el centro de origen del camote (Huang y Sun 2000, Zhang *et al.* 2004).

La batata se propaga por lo general en forma vegetativa y no por semillas (Chang La Rosa y Delfin 2002, Veasey *et al.* 2008). La batata posee un sistema reproductivo de cruce abierto; se propaga de forma asexual y cada cultivar se considera un clon (Prakash *et al.* 1996). El cultivo se

propaga a partir de segmentos de tallo (esquejes) y toma varios segmentos de un solo tallo, de preferencia el segmento apical (Braun 2001, Ahmed *et al.* 2012, Namanda *et al.* 2013).

La batata puede considerarse uno de los cultivos más importantes en el ámbito mundial por sus propiedades nutricionales, alto rendimiento y bajo costo de producción (Matamoros *et al.* 2014); En el periodo 2016-2018 se reportó un área cosechada de 8 268 681,7 hectáreas, con producción de 103 676 869 toneladas. El continente asiático es el primer productor (78,1%), seguido por África (17,6%) y América (3,4%); el país con mayor producción es China continental con 73 225 521,67 toneladas que representa el 81,3% de la producción mundial (FAOSTAT 2018).

En el campo económico, el análisis lo constituye la interpretación de los coeficientes técnicos, que son los retornos a la inversión y se

apoyan en los patrones de costos, al relacionar los insumos gastados con el producto obtenido. Al desarrollar este análisis se comparan los costos incurridos con los ingresos obtenidos, con la importante posibilidad de recuperar la inversión y por eso, se llaman indicadores de retorno a la inversión (Martínez *et al.* 2019).

La variedad de pulpa anaranjada, Agrosavia Aurora, forma parte del banco de germoplasma en custodia por AGROSAVIA en el centro de investigación Turipaná. El atributo de su pulpa anaranjada es muy demandado en el mercado para la exportación, fabricación de harinas biofortificadas y la alimentación animal (Rosero *et al.* 2019). Además, Agrosavia ha liderado trabajos de investigación al estandarizar la técnica de producción de plántulas *in vitro* de batata a nivel de laboratorio, endurecimiento en invernadero y producción en campo para obtención de semilla con calidad genética, física, fisiológica y sanitaria (POE GA-O-22 - 2020); atributos que se consideran importantes para producir semilla sana para siembras comerciales (Abubakar *et al.* 2018). En las zonas tropicales, este cultivo se realiza a nivel artesanal en pequeñas áreas, lo que limita la comercialización internacional. (Pérez y Pacheco 2005). En la región Caribe colombiana, la batata se cultiva de manera tradicional en terrenos pequeños destinados a la seguridad alimentaria, llamados “pancoger”. La persona productora utiliza raíces y/o segmentos enteros de tallo provenientes de material envejecido, lo que incurre en bajas producciones, y lo limita para producir raíces con miras a la exportación.

Debido a la gran demanda de productos agrícolas es necesario incrementar la disponibilidad de semilla (Domínguez *et al.* 2001, Arenas *et al.* 2015), para proveer material de siembra en cantidades suficientes, en el momento adecuado, con un estado fisiológico, vigor y salud apropiados, para cubrir la demanda de los productores a un precio asequible (Namanda *et al.* 2013).

Lo anterior, indica que se deben adelantar investigaciones para producir una oferta tecnológica que genere ventajas sobre la situación actual. El objetivo de esta investigación consiste

en determinar la edad óptima para el corte de esquejes, así como los segmentos del tallo de la variedad de batata Agrosavia Aurora, para garantizar una semilla de mejor calidad, que genere mayores rendimientos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** La investigación se realizó en el Centro de Investigación Turipaná (C.I Turipaná) de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), ubicado a 8°31'16" de latitud norte y 75°58'11" de longitud oeste, en el municipio de Cereté, Córdoba, Colombia. Presenta una precipitación anual promedio de 1200 mm, humedad relativa del 82%, temperatura promedio anual de 28°C, altura 15 msnm y concerniente a la formación de bosque seco tropical (bs-T) según la clasificación de Holdridge (2000). El experimento se desarrolló a campo abierto durante el periodo de septiembre de 2016 a enero de 2017, en un suelo con características de texturales francos arcillosos, pH= 6,35; M. O= 2,76 %, P= 28,65 mg.kg<sup>-1</sup>, Ca<sup>2+</sup>= 11,49 mol.kg<sup>-1</sup>, Mg<sup>2+</sup>= 7,09 mg.kg<sup>-1</sup>, K= 0,61 mg.kg<sup>-1</sup> y CIC= 19,31 Cmol.kg<sup>-1</sup>. La producción de la “semilla” de batata se realizó en 2 etapas, una *in vitro* y otra en vivero.

**Producción de plantas *in vitro* de batata.** La producción de vitroplantas a nivel de laboratorio, se efectuó mediante el desarrollo de los procesos de preacondicionamiento de plantas madre, establecimiento *in vitro*, multiplicación de yemas axilares y enraizamiento. Lo anterior, según el protocolo estandarizado por Agrosavia (POE GA-O-22 - 2020).

**Adaptación *ex vitro*.** Las vitro plantas, producidas en el laboratorio, fueron llevadas a invernadero donde se trasplantaron en bandejas de 24 alveolos con sustrato compuesto por una mezcla de aluvión, arena y lombriabono, esterilizado, en proporciones de 85%, 10% y 5%, comparativamente. Las plantas, durante la primera semana, se mantuvieron con una humedad

relativa mayor del 90%; en la segunda y tercera semana se mantuvieron con humedad relativa mayor al 80%, y durante la cuarta y quinta semana la humedad relativa fue mayor al 70%. Se disminuyó la frecuencia de los riegos y se aumentaron las condiciones de luminosidad, para un manejo más aproximado a las condiciones normales de campo. Durante esta etapa se realizaron aplicaciones de fertilizante foliar completo en dosis de 2 mL.L<sup>-1</sup> de agua y de fungicida Mancozeb en dosis de 1 g.L<sup>-1</sup> de agua cada 10 días. Este proceso tuvo una durabilidad de 5 semanas hasta producir plantas endurecidas.

**Producción de raíces tuberosa en campo.** Las plantas endurecidas, provenientes de la producción in vitro, fueron llevadas a campo a raíz desnuda envueltas en papel húmedo, en canastas plásticas; con el fin de evitar daños y deshidratación, se trasplantaron a una distancia de 1,0 m entre surcos y 0,25 m entre plantas. Este proceso tuvo una duración de 70 días, para la obtención de raíces de primera generación con peso entre 80 y 100 g.

**Producción de esquejes en vivero.** Se utilizaron las raíces tuberosas de primera generación del proceso in vitro, con peso entre 80 y 100 g (Díaz *et al.* 2013), las cuales fueron colocadas en camas de 1,0 m de ancho por 10 m de largo, con un sustrato compuesto por arena y suelo en relación 2:1; se taparon con una capa de sustrato de 3 a 5 cm y se realizaron riegos para mantener la humedad de las camas. Una vez que los brotes (esquejes) tuvieron de 25 a 30 cm de longitud, se cortaron y fueron sembrados en otras camas con diferencias, en fechas de siembra, de 30 días, con el fin de obtener esquejes a fecha de siembra en campo con edades de 60, 90 y 120 días, comparativamente. Una vez cumplido el tiempo los esquejes se cortaron y se clasificaron según el segmento de la guía en esqueje apical, esqueje preapical, tercera y cuarta sección de las guías o tallos, para luego ser sembrados en campo.

**Diseño experimental.** El diseño experimental utilizado fue de parcelas divididas con 3 repeticiones, donde la parcela principal correspondió a la edad de corte y la subparcela al tipo de semilla por esquejes. La unidad experimental estuvo constituida por 5 surcos de 5,0 m de largo distanciados a 1,0 m para un total de 25 m<sup>2</sup>, el área total fue de 300 m<sup>2</sup> y la parcela útil correspondió a los 3 surcos centrales equivalente a 15,0 m<sup>2</sup>.

**Establecimiento del experimento en campo.** Se procedió a la siembra de las parcelas, según los tratamientos, con esquejes de edades de 60, 90 y 120 días y de 4 segmentos de la guía (esqueje apical, esqueje preapical, tercera y cuarta sección) de 25 - 30 cm de longitud con 2 a 3 nudos enterrados (Díaz *et al.* 2013, Martí *et al.* 2014) a una distancia entre plantas de 0,40 m y entre surcos de 1,0 m.

**Manejo agronómico del experimento.** La preparación del suelo consistió en un pase de arado de disco, 2 pases de rastra pesada y caballones a un metro de distancia con 30 a 40 cm de altura. Para el manejo de malezas, se hizo control químico con Ametrina 3 L.ha<sup>-1</sup>, aplicado antes de la siembra de los esquejes. Después de establecida la plantación, se realizaron desyerbes manuales acompañados de aplicaciones pos emergentes con herbicida Fluzifop-*p*-Butil (1,5 L.ha<sup>-1</sup>) para controlar gramíneas. Para el manejo de plagas comedoras del follaje, se realizaron controles manuales y la cosecha se realizó de manera manual a los 120 días después de la siembra.

**Variables evaluadas.** Se valoró porcentaje de prendimiento de esquejes a los 15 días después de la siembra (DDS) y al momento de la cosecha 120 (DDS) (León-Velarde 2000), se evaluó el rendimiento total, raíces de primera y segunda categoría. Las raíces se clasificaron según las exigencias de las personas consumidoras en los mercados internacionales, al ser las de primera categoría con rangos de peso

entre 80 a 1200 g (Rosero *et al.* 2019, Resende 2000). El análisis estadístico se realizó con el programa MSTAT. Los datos obtenidos se procesaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias de Duncan.

**Análisis económico.** Los costos se obtuvieron mediante el registro de los costos de cada actividad realizada en el ciclo del cultivo. Se usó la herramienta del análisis económico denominada patrones de costos de producción (Molina *et al.* 2014), la cual facilitó identificar los principales componentes, tales como mano de obra o labores, insumos y costos indirectos. Con los rendimientos se calcularon costos unitarios y de retornos, como ingresos netos, rentabilidad, punto de equilibrio y eficiencia.

La mano de obra se valoró de acuerdo con el pago del jornal agrícola en la región y el costo de los insumos a precio de campo (precio que paga la persona agricultora por el producto, más el costo del transporte por llevarlo a la finca), según la metodología empleada por CIMMYT (1988). Para el caso de las actividades, se utilizó la metodología empleada por Agreda *et al.* (1991). Para el cálculo del precio, se tuvo en cuenta el valor pagado a la persona productora que fue de \$250 000 por tonelada, este valor se multiplicó por el rendimiento y se obtuvo el ingreso bruto (IB); así, al restar los costos totales (CT) del IB, se calculó el ingreso neto (IN). La rentabilidad se calculó por la relación IN/CT. También se estimó el punto de equilibrio, que son las cantidades mínimas para producir para nivelar los ingresos con los costos, para lo cual se empleó la ecuación:

$$Rent = \frac{IB - CT}{CT} * 100$$

Donde:

IB = ingreso bruto (\$·ha<sup>-1</sup>)

CT = costo total (\$·ha<sup>-1</sup>)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Prendimiento.** Se observó diferencia estadística significativa para las variables edad de corte y tipo de semilla, mientras que en la interacción no se presentó diferencias estadísticas (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de prendimiento de 4 tipos de semilla de batata variedad Agrosavia Aurora y 3 edades de corte. Colombia 2016.

A. Edad de corte	Prendimiento (%) <sup>(1)</sup>
60 días	84,7 a
90 días	74,9 ab
120 días	67,9 b
Diferencia estadística	*
B. Tipo de semilla	
Apical	83,4 a
Preapical	80,2 ab
Tercer segmento	74,9 c
Cuarto segmento	64,9 c
Diferencia estadística	**
Diferencia estadística Interacción A x B	n.s
C.V	7,5 %

(1) Medias de tres repeticiones

\* significativo (p≥0,05). \*\*significativo (p≥0,01); ns no significativo.

Los mejores prendimientos se obtuvieron en la época de corte de esquejes a 60 días con un 84,7% y a los 90 días, con un 74,9%, que superó desde la perspectiva estadística, los realizados a 120 días, con 67,9%. Lo expuesto es similar a lo encontrado por Wilson (1988), quien concluyó que esquejes para semilla tomados de plantas jóvenes, de edad de 2 a 3 meses, producen mayores rendimientos que esquejes tomados de plantas de edad más avanzada de 4 a 5 meses. Debido a que plantas de mayor edad conducen la mayor parte de su energía producida en la formación y llenado de raíces, sus guías fueron débiles y con crecimiento lento. En cambio, las guías de las plantas jóvenes expusieron más vigor y crecimiento rápido (Braun 2001, Birhanu *et al.* 2016).

En la variable tipo de semilla, los mejores prendimientos se obtuvieron al utilizar segmentos de semilla apical de 83,4% y preapical de 80,2%, que aventajaron a los del cuarto segmento que obtuvo un 64,9%, esto está acorde con lo reportado por Ahmed *et al.* (2012), Birhanu *et al.* (2016), Cañas *et al.* (2016). El esqueje apical posee meristemas más activos de la planta, por lo que su crecimiento se ve más acelerado en comparación con los otros esquejes provenientes de la guía principal. A pesar de que no se presentaron diferencias estadísticas en la interacción, época de corte por tipo de semilla, se observó que los mejores prendimientos se obtuvieron al utilizar

los segmentos apical y preapical con corte a los 60 días con 94,9% y 91,3%, respectivamente.

**Rendimiento.** Con referencia a esta variable, en la Tabla 2, se observa que hubo diferencia estadística en casi todos los tratamientos, a excepción, de los tratamientos edad de siembra con evaluación de raíces de segunda categoría y en la interacción (AxB) de la evolución de raíces totales. Al cortar la semilla asexual a los 60 DDS, se lograron los mayores valores de producción de raíces totales y raíces de primera categoría (26,9 t.ha<sup>-1</sup> y 13,4 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

Tabla 2. Rendimiento de raíces de batata variedad Agrosavia Aurora, por efecto de la edad de corte y tipo de esqueje como semilla asexual. Colombia 2016.

Tratamientos	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> ) <sup>(1)</sup>			
	Raíces totales	Raíces de primera categoría	Raíces segunda categoría	
<b>A. Edad de corte</b>				
60 días	26 903 a	13 410 a	13 495	
90 días	20 181 b	8 908 b	11 273	
120 días	18 679 b	8 021 b	10 658	
Diferencia estadística	**	**	n.s	
<b>B. Tipo de semilla</b>				
Apical	25 309 a	12 140 a	13 170 a	
Preapical	24 296 a	12 950 a	11 350 ab	
Tercer segmento	20 504 b	8 028 b	12 480 a	
Cuarto segmento	17 578 c	7 338 b	10 240 b	
Diferencia estadística	**	**	*	
<b>Interacción A x B</b>				
60 días	Apical	29 393	15 993 ab	13 400 a
	Pre-apical	30 603	19 067 a	11 537 ab
	Tercer	24 057	9 427 c	14 631 a
	Cuarto	23 560	9 147 c	14 413 a
90 días	Apical	24 350	11 403 bc	12 947 a
	Pre-apical	22 115	11 063 bc	11 052 ab
	Tercer	18 430	6 760 c	11 670 ab
	Cuarto	15 830	6 403 c	9 427 ab
120 días	Apical	22 183	9 013 c	13 170 a
	Pre-apical	20 170	8 710 c	11 460 ab
	Tercer	19 023	7 897 c	11 127 ab
	Cuarto	13 340	6 463 c	6 877 b
Diferencia estadística		n.s	*	*
C.V		12,2 %	19,6%	16,4%

(1) Medias de tres repeticiones.

\* significativo ( $p \geq 0,05$ ).\*\* significativo ( $p \geq 0,01$ ); ns no significativo, mediante prueba de medias de Duncan para factores A y B y Tukey para AxB.

De igual forma, al usar el tipo de semilla de la parte apical y preapical, se obtuvieron los mejores resultados, tanto para el de raíces totales con 25,3 t.ha<sup>-1</sup> y 24,2 t.ha<sup>-1</sup>; como para raíces de primera categoría con 12,1 t.ha<sup>-1</sup> y 12,9 t.ha<sup>-1</sup>, correspondientemente. Estos datos coinciden con los reportado por Lardizábal (2003), Lago Castro (2011) y León *et al.* (2013), quienes consideran que toda la parte aérea de la planta se considera buena para sacar semilla, sin embargo, la punta es la más utilizada, debido a que crece con mayor rapidez que las guías sacadas cerca de la base de la planta y por lo tanto, resultaron dar mayor producción. No obstante, aclararon que estas últimas necesitan cerca de 15 días más para

alcanzar los rendimientos de las plantas sembradas con puntas o guías apicales.

Además, aunque en todos los casos se presentó mayor producción de raíces de segunda categoría, en comparación con las raíces de primera categoría (Figura 1), no se debe a deficiencias en el manejo del cultivo, sino por las características productivas de la variedad. En estas, alrededor de un 45% de las raíces son de primera categoría y las de segunda, el porcentaje restante (Rosero *et al.* 2019). Incluso, Ravi *et al.* (2009), en el estudio de fisiología de la formación de raíces de batata, refiere que el número y tamaño de las raíces de almacenamiento también varían entre los cultivares de batata y la expresión de genes que regulan estos.

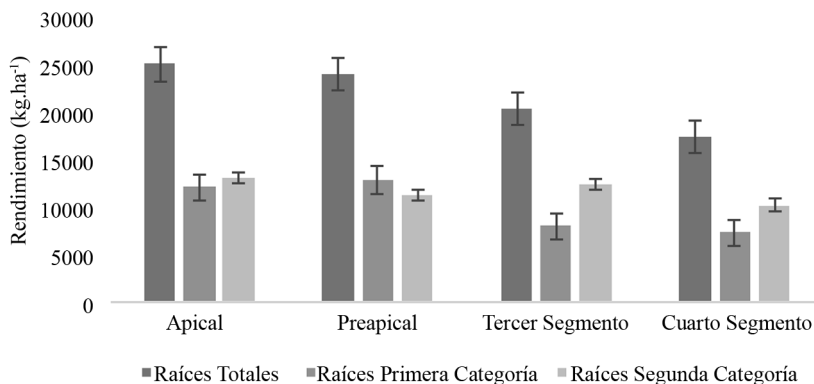


Figura 1. Rendimiento de raíces totales, de primera y segunda categoría en (kg.ha<sup>-1</sup>) (1) batata variedad Agrosavia Aurora por efecto del tipo de esqueje utilizado.

Las correlaciones entre la producción de raíces totales, con respecto a la producción de raíces de primera y segunda categoría, se observa en la Tabla 3 con una alta correlación en el factor época de corte de raíces de primera (0,9998) y raíces de segunda categoría (0,9994) con la producción de raíces totales. En el factor tipo de semilla, se observa una alta y mayor correlación con la producción de raíces de primera categoría (0,9435) con respecto a las de segunda (0,6826).

Esto indica el grado de influencia que tienen los tipos de semilla en la producción de raíces totales y de primera categoría, debido al corte realizado en edades más jóvenes del cultivo, los tejidos son más tiernos y por consiguiente, tienen mayor cantidad de foto - asimilados y hormonas como auxinas, que regulan la diferenciación y el ácido giberelico que controla la división celular al intervenir en el crecimiento de las diferentes partes de la planta Marti *et al.* (2014), Birhanu *et al.* (2016).



Tabla 3. Coeficiente de correlación entre la producción de raíces totales con raíces de primera y segunda categoría de la variedad Agrosavia Aurora. Colombia 2016.

Factor	Raíces de primera	Raíces de segunda
A = época de corte	0,9998	0,9994
B = tipo de semilla	0,9435	0,6826
Interacción AxB	0,9141	0,6889

**Análisis de costo.** En relación con los indicadores de retorno económico, de acuerdo con la Tabla 4, los tratamientos con menores costos unitarios de producción fueron los de 60 días Pre-apical (\$133.795 t<sup>-1</sup>) y apical (\$137.971 t<sup>-1</sup>), así como los mayores ingresos netos (\$3.556.870 y \$3.292.865, respectivamente). Lo que incurrió en mayores costos unitarios fue la semilla de 120 días del cuarto segmento (\$265.374 t<sup>-1</sup>). En relación con la rentabilidad,

también se presentan en la tendencia anterior, los tratamientos de 60 días Pre-apical (87%) y 60 días apical (81%) que expusieron las mayores rentabilidades, comparados con el de 120 días de cuarto segmento con rentabilidad negativa (-5,8%). Esos resultados coinciden con los obtenidos por Díaz *et al.* (2013), quienes señalaron que la nueva tecnología propuesta resultó desde la perspectiva económica más factible que se utiliza en lo común.

Tabla 4. Análisis económico comparativo de costos de producción de batata variedad Agrosavia Aurora evaluados en diferentes épocas de corte y tipos de esquejes como semilla asexual. Colombia 2017.

Tratamiento	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Costo Unitario (\$)	Ingreso Bruto (\$)	Ingreso Neto (\$)	Rentabilidad (%)	Punto de equilibrio	Eficiencia
(60 días) Pre-apical	30,60	133.795	7.650.000	3.556.870	87	16,4	1,90
(60 días) Apical	29,39	137.971	7.348.250	3.292.865	81	16,2	1,81
(90 días) Apical	24,35	159.832	6.087.500	2.193.995	56	16,0	1,60
(60 días) Tercer	24,05	161.761	6.000.000	2.117.730	55	15,5	1,55
(60 días) Cuarto	23,56	164.520	5.875.000	2.008.780	52	15,5	1,52
(120 días) Apical	22,18	172.262	5.545.000	1.721.152	45	15,0	1,50
(90 días) Pre-apical	22,11	172.845	5.527.500	1.707.899	45	15,3	1,45
(120 días) Pre-apical	20,17	186.382	5.042.500	1.283.173	34	15,0	1,34
(120 días) Tercer	19,02	195.710	4.755.000	1.032.588	28	15,0	1,30
(90 días) Tercer	18,43	200.948	4.607.500	904.027	24	15,0	1,24
(90 días) Cuarto	15,83	228.681	3.957.500	337.487	9	14,0	1,10
(120 días) Cuarto	13,34	265.374	3.335.000	-205.084	-5,8	14,2	0,9

En conclusión, los datos obtenidos permiten sugerir que la mejor edad de corte de esquejes fue a los 60 días después de la siembra DDS, al usar los segmentos apical y pre apical se presentaron los mayores prendimientos, mayores rendimientos físicos 29 393 y 30 603 kg.ha<sup>-1</sup> y en este caso, los mejores retornos económicos.

Los datos obtenidos permiten concluir que los segmentos apical y pre apical con edad de corte de 60 días después de la siembra (DDS), como los mejores para ser utilizados como semilla para la siembra de cultivos comerciales. Estos segmentos mostraron los mayores prendimientos, mayores rendimientos de raíces con 29 393 y 30 603 kg.ha<sup>-1</sup>, con mejores retornos económicos.

### AGRADECIMIENTO

Este estudio fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Colombiano bajo el convenio TV15 – TV16 con Agrosavia y al Laboratorio de cultivo de tejidos en el Centro de Investigación Turipaná.

### LITERATURA CITADA

- Abubakar, AS; Yahaya, SU; Shaibu, AS; Ibrahim, H; Ibrahim, AK; Lawan, ZM; Isa, AM. 2018. In vitro propagation of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) cultivars. *Agricultural Science Digest-A Research Journal* 38(1):17-21.
- Agreda, V; Quijandria Salmón, B; Ruiz, ME. 1991. Metodología para el análisis económico, Aspectos metodológicos del análisis social en el enfoque de sistemas de producción. San José, Costa Rica, IICA. Red de Investigación en Sistemas de Producción Animal en Latinoamérica-RISPAL Centro de Estudios y de Desarrollo Agrario del Perú, Lima, Perú. 158 p.
- AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). 2020. Procedimiento Operativo Estándar (POE); Producción de semilla in vitro (*Ipomoeas batatas*) GA-O-22 Documento de trabajo interno, Bogotá, Colombia. p. 7-9.
- Ahmed, M; Nigusie-Dechassa, R; Abebie, B. 2012. Effect of planting methods and vine harvesting on shoot and tuberous root yields of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] in the Afar region of Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research* 7(7):1129-1141.
- Arenas Calle, W; Cardoso Conde, C; Baena, M. 2015. Análisis de los sistemas de semillas en países de América Latina. *Acta Agronómica* 64(3):239-245.
- Birhanu, L; Adanech, B; Genet, D. 2016. The Evaluation of growth performance of sweet potato (*Ipomoea Batatas* L.) Awassa var. by using different type of vine cuttings. *Food Science and Quality Management* 54:55-65.
- Braun, B. 2001. The maintenance of sweetpotato planting materials in Namibia: Options for the development of a vine production and distribution system. *Agricola* 12:15-19.
- Cañas Barrientos, KD; González Martínez, VH; Martínez Ramos, RG. 2016. Evaluación de tres tipos de esquejes de la guía principal (apical, intermedia y basal) de tres variedades de camote (*Ipomoea batatas* L.) con la finalidad de determinar la mejor producción. Tesis Ing. Agr. El Salvador, Universidad de el Salvador. 70 p.
- Chang La Rosa, M; Rodriguez Delfin, A. 2002. Inducción fotoperiódica para lograr floración en cinco genotipos de camote *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Ecología Aplicada* 1(1-2):51-56.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México D.F., México, CIMMYT. 60 p.
- Díaz Hernandez, R; Morales Tejon, AL; Rodríguez Garcia, Y; Lima Diaz, M; Herrera Rodriguez, JA; Rodríguez del Sol, D. 2013. Tecnología para la producción intensiva de esquejes de boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Centro Agrícola*, 40(3):85-90.
- Domínguez, CE; Peske, ST; Villeda, FA; Baudet, L. 2001. Informal Seed System: Causes, Consequences and Alternatives. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil. 190 p.
- FAOSTAT (Organización para las naciones unidas para alimentación y agricultura, Italia). 2018. Base de datos (en línea). Consultado 10 oct. 2018. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Holdridge, LR. 2000. Ecología basada en zonas de vida, Quinta reimpresión. Instituto Interamericano de Cooperación Para la Agriculturas (IICA), San José, Costa Rica. p. 216.
- Huang, JC; Sun, M. 2000. Genetic diversity and relationships of sweetpotato and its wild relatives in *Ipomoea* series Batatas (Convolvulaceae) as revealed by intersimple sequence repeat (ISSR) and restriction analysis of chloroplast DNA. *TAG* 100:1050-1060.
- Lago Castro, L. 2011. El cultivo de la batata: una oportunidad agroalimentaria para pequeños productores de clima cálido (en línea). Consultado oct. 2019. Disponible en [https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13373/60849\\_64439.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13373/60849_64439.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Lardizabal, R. 2003. Manual de producción de camote (en línea). Consultado 28 oct. 2019. Disponible en [http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/61/CDA\\_Finrac\\_Manual\\_Produccion\\_Camote\\_revised\\_02\\_04\\_ESP.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/61/CDA_Finrac_Manual_Produccion_Camote_revised_02_04_ESP.pdf?sequence=1)
- León, B; Martínez, M; López, M; Rodríguez, L; Ardón, C; Rodríguez, I; Posas, F; Vásquez, M. 2013. Manual de manejo del cultivo de camote (en línea). Tegucigalpa, Honduras. 30 p. Consultado oct. 2019. Disponible en [www.pymerural.org/camote](http://www.pymerural.org/camote)
- León-Velarde, CU. 2000. Using competing traits to select dual-purpose sweetpotato in native germplasm. International Potato Center (CIP), Lima, Peru. p. 289-294.
- Marti, H; Chiandussi, M; Filippi, M; 2014. Producción agroecológica de batata para el gran cultivo y la huerta familiar. San Pedro, Buenos Aires, Ediciones INTA. 80 p.
- Martínez, AM; Tordecilla, L; Cordero, C; Grandett, L. 2019. Entorno tecnológico y socioeconómico de la habichuela larga en el Caribe Húmedo de Colombia. Ciencia y Agricultura 16(2):7-24.
- Matamoros, RC; Angulo, AB; Esker, P; Gómez-Alpizar, L. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L). Agronomía Costarricense 38(2):67-81.
- Molina, NA; Acuña, LE; Marmelicz, LA. 2014. Costo de producción y rentabilidad del ananá en la provincia de Misiones, Argentina, Publicación EEA Bella Vista Corrientes. Serie Técnica N° 47. 16 p.
- Namanda, S; Amour, R; Gibson, RW. 2013. The Triple S method of producing sweet potato planting material for areas in Africa with long dry seasons. Journal of crop improvement 27(1):67-84.
- Pérez, E; Pacheco, D; Delahaye, E. 2005. Características químicas, físicas y reológicas de la harina y el almidón nativo aislado de *Ipomoeas batatas* Lam. Acta Científica Venezolana 56(1):12-20.
- Prakash, CS; He, G; Jarret, RL. 1996. DNA marker-based study of genetic relatedness in United States sweetpotato cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 121(6):1059-1062.
- Ravi, V; Naskar, SK; Makesh Kumar, T; Babu, B; Krishnan. BSP. 2009. Molecular physiology of storage root formation and development in sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). J. Root Crops 35:1-27.
- Resende, GM. 2000. Características productivas de cultivares de batata-doce em duas épocas de colheita, em Porteirinha - MG. Horticultura Brasileira 18(1):68-71.
- Rosero Alpala, EA; Pastrana Vargas IJ; Garcia Peña, JA, Espitia Montes, AA; Sierra Naranjo, CM; Sierra Monrroy, JA; Martínez Botello, DH; Santana Rodríguez, MO; Pérez Gamero, JL; Regino Hernandez, SM; Espitia Negrete, LB; Araujo Vasquez HA; Martínez Figueroa, RR; García Herazo, JL. 2019. AGROSAVIA Aurora Variedad de batata de pulpa anaranjada para el Caribe colombiano. Mosquera, Colombia, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). 28 p.
- Sihachakr, D; Cavalcante-Alves, JM; Tizroutine, S; Allot, M; Mussio, I; Servaes, A; Ducreux, G. 1995. Embryogenese somatique chez la patate douce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.): Caractérisation et régénération des plantes. Quel avenir pour l'amélioration des plantes, John Libbey EUROTEXT. p. 251-261.
- Veasey, EA; Borges, A; Silva Rosa, M; Queiroz-Silva, JR., Bressan, EDA; Peroni, N. 2008. Genetic diversity in Brazilian sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam., Solanales, Convolvulaceae) landraces assessed with microsatellite markers. Genetics and Molecular Biology 31(3):725-733.
- Wilson, JE. 1988. Sweet potato (*Ipomoea batatas*) planting material. Agro-facts Crops, IRETA Publications 2(88):1-10.
- Zhang, D; Rossel, G; Krieger, A; Hijmans, R. 2004. AFLP assessment of diversity in sweetpotato from Latin America and the Pacific region: Its implications on the dispersal of the crop. Genetic Resources and Crop Evolution 51(2):115-120.



