

# EVALUACION DE DOS TIPOS DE ESQUEJES EN LA PRODUCCION DE SEMILLA PREBASICA DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja* Juz et. Buk) VARIEDAD “YEMA DE HUEVO”

Effect for two types of explant for prebasic seed production of native potato (*Solanum phureja* Juz et. Buk) “Yema de Huevo”

José Miguel Cotes<sup>1</sup> y Carlos Eduardo Ñustez<sup>2</sup>

## RESUMEN

En la actualidad, para la producción de semilla de papa, se utiliza, como herramienta, la técnica de micropropagación, la cual garantiza, mediante un adecuado proceso, alta sanidad de los tubérculos semilla y una rápida multiplicación. En la papa diploide *Solanum phureja* cultivar “Yema de huevo”, la multiplicación “in vitro” fue desarrollada exitosamente y, por lo tanto, el paso siguiente, la producción de esquejes en casa de malla (semilla prebásica) requiere de los estudios necesarios para optimizar esta fase. El presente trabajo tuvo como objetivo conocer la densidad y el tipo de esqueje óptimos para desarrollar la producción de semilla prebásica en condiciones de casa malla. La investigación se realizó bajo un diseño completamente al azar, con arreglo factorial (2x4), siendo el primer factor la distancia entre plantas y, el segundo, el tipo de explante utilizado. El experimento se realizó en casa de malla en la Estación San Jorge del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) a 2800 msnm. Se encontró que la distancia de 6 cm entre sitios de transplante optimiza la producción de semilla prebásica y la distancia de 9 cm optimiza la tasa de multiplicación. Los mejores explantes son los esquejes de tallo lateral.

**Palabras claves:** Densidades, tasa de multiplicación, fisiología vegetal, competencia.

## SUMMARY

Presently micropropagation techniques are used a tool for potato seed production which guarantees, through an adequate process, healthy seed tubers, and rapid multiplication. In the diploid potato *Solanum phureja* cultivar «yema de huevo» the multiplication «in vitro» was developed successfully. Therefore the following step, the production of explants in greenhouse (prebasic seed), requires the studies to optimize this phase. This work was carried out establish to the density and the type of explants optimum, to develop the production of prebasic seed under greenhouse conditions. The trial was carried out following a completely randomized design, with factorial array (4x3). The first factor was the distance among plants and, the second, the type of explants. The experiment

was carried out in the San Jorge Experimental Station greenhouse of the ICA to 2800 masl. It was found that a 6 cm distance between plants optimizes the production and a distance of 9 cm between plants, optimizes the multiplication rate. The best type of explants was the lateral stem.

**Key words:** Densities, multiplication rate, *in vitro* propagation, plant physiology, competition.

## INTRODUCCION

La papa criolla (*Solanum phureja*) es una especie cultivada diploide (24 cromosomas) que se distribuye geográficamente desde el norte de Bolivia hasta el suroccidente venezolano, con su centro de diversidad genética al sur de Colombia en el departamento de Nariño (Carrasco y Pineda, 1993).

Se caracteriza por su calidad nutricional la cual se considera superior a la papa de año *Solanum tuberosum* ssp andigena. Como alimento contiene el doble de fósforo y fibra que las papas de año, mayor cantidad de proteína, compuesta por globulinas en un 60 a 70 % y glutelinas en un 20 a 40%. Entre las enzimas que se encuentran en la papa se pueden enumerar: amilasas, tirosinasas, fosforilasas, catalasas, polifenoxidasas, fosfatasas y peroxidasas entre otras. El contenido de grasa es bajo y los ácidos grasos que la componen son: linoléico, palmítico, linolénico, oléico, esteárico y mirístico (Fedepapa, 1988).

En papa se ha demostrado con éxito que al obtener plantas libres de virus provenientes de meristemos y someterla a micropropagación se generan un número suficiente de plantas que luego se utilizan como plantas madres (Estrella, 1985). Los índices de multiplicación que se pueden alcanzar en papa tienen una progresión geométrica. En condiciones de laboratorio se pueden llegar a producir en un año varios millones de plantas, las cuales se adaptan “ex vitro” y producen minitubérculos (INIAP, 1993).

Las técnicas de propagación vegetativa acelerada aprovechan al máximo tanto el área foliar, como los tubérculos, el propósito es alcanzar altos índices de multiplicación, conservando la calidad sanitaria del material. Varios son los métodos de propagación que se han desarrollado los cuales pueden utilizarse en forma individual o integrada (Bryan *et al.* 1981).

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. E-mail: jmcotes@tutopia.com

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. E-mail: cnustez@bacata.usc.unal.edu.co

**Esquejes de brote:** en esta técnica el tubérculo se somete a períodos de oscuridad y luz indirecta hasta que los brotes alcanzan un tamaño de dos a tres centímetros, luego, se elimina el ápice lo que promueve la ramificación del tallo principal. Cuando se han obtenido brotes ramificados, alargados y vigorosos se desbrota el tubérculo y se segmenta los brotes (INIAP, 1993). Los esquejes de brote se hacen enraizar en arena fina y después de 20 a 30 días aproximadamente se obtiene una planta que puede ser transplantada a campo o invernadero (Bryan *et al.* 1981).

**Esquejes de tallo juvenil:** se aplica a plantas jóvenes con vigoroso crecimiento siendo ideales las plántulas que se originan de esquejes de brote o minitubérculos. Cada tallo se corta en tantas partes como nudos tenga dejando intacta la hoja que va con el nudo, estos esquejes se siembran en arena fina. En 10 a 15 días los esquejes enraizan y la yema axilar se desarrolla para convertirse en brote aéreo (Bryan *et al.* 1981).

**Esquejes de tallo lateral:** esta técnica es ampliamente utilizada en programas de semilla prebásica y básica. Cuando las plantas madres tienen de 20 a 30 centímetros de altura se escinde la yema apical; esto estimula el crecimiento de los tallos laterales a partir de cada yema axilar las cuales se cortan para generar esquejes y se colocan a enraizar en arena gruesa. El número de esquejes de tallo lateral varía de acuerdo con la variedad. Los tubérculos cosechados de las plantas madres pueden ser utilizados para reiniciar el ciclo, los esquejes transplantados también pueden ser utilizados como plantas madres (Bryan *et al.* 1981).

**Esquejes de tallo adulto:** se realiza cuando las plantas madres han iniciado maduración hasta plantas que tienen tubérculos maduros. Los tallos adultos son seccionados en esquejes, constituidos por una pequeña porción de tallo, una hoja y su yema adyacente. Los esquejes son plantados en un sustrato arenoso y a partir de la yema se origina un minitubérculo. Los minitubérculos se siembran en invernadero y se les aplica cualquiera de las técnicas de multiplicación acelerada (INIAP, 1993).

Este trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar las técnicas de propagación a partir de esquejes de tallo juvenil y lateral, bajo diferentes densidades para producir semilla prebásica de papa criolla variedad "Yema de huevo".

## MATERIALES Y METODOS

Este trabajo de investigación se realizó en casa malla en la Estación San Jorge del ICA, localizada en el municipio de Soacha, departamento de Cundinamarca, a 2800 msnm. El genotipo utilizado en el trabajo fue el denominado "clon 1", de la especie *S. phureja*, conocido comúnmente como papa criolla. Este material se multiplicó *in vitro* en el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia y se llevó a San Jorge para la producción de minitubérculos.

A partir de plantas madres libres de virus, se obtuvieron 600 esquejes de tallo lateral en su mayoría con una longitud entre 2 y 4 cm (Figura 2a). Adicionalmente, se obtuvo igual número de esquejes de tallo juvenil, los cuales correspondían a tallos con yemas axilares y sin presencia "alas", presentando una hoja con tres folíolos: terminal y primer par de folíolos secundarios (Figura 2b). Los esquejes se sembraron en bandejas de enraizamiento a una distancia de 4 cm entre ellos, aplicándoles previamente auxinas (Hormonagro #1 en polvo) para favorecer el proceso de

enraizamiento. El sustrato utilizado fue una mezcla de grava fina y arena (4:1), previamente desinfectado con hipoclorito de sodio al 1%. Luego del enraizamiento (20 días) el material fue transplantado a su respectiva unidad experimental. El sustrato utilizado para el transplante en camas fue una mezcla de suelo orgánico y arena (3:1), garantizando óptimas condiciones físicas.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial (2X4) y tres repeticiones. Los factores evaluados fueron: tipo de esqueje (tallo lateral y tallo juvenil) y distancia entre plantas (sitios de transplante) en las camas (6; 9; 12 y 15 cm en cuadro). La unidad experimental estuvo constituida por 25 sitios de siembra (5X5), de las cuales se consideraron los nueve sitios centrales (3X3) como unidad experimental efectiva. Los tubérculos cosechados se clasificaron, teniendo en cuenta su diámetro, así: Primera, entre 2 y 4 cm; Segunda, entre 1,27 (½ pulg.) y 2 cm; Tercera, entre 0,5 y 1,27 cm.

Las variables de producción evaluadas fueron número de tubérculos (N) y tasa de multiplicación (TM) para las categorías anteriormente mencionadas. Los resultados se expresaron por 1 m<sup>2</sup>. Para cuantificar el vigor del material de propagación, se evaluó mortalidad en porcentaje para cada tipo de esqueje durante 5 semanas. Esta se evaluó cada 3-4 días, con el fin de poder ajustar las curvas de mortalidad, realizando un análisis por regresión polinómica, comparando los coeficientes de regresión obtenidos para cada tipo de esqueje mediante una prueba de T (Students).

Para las variables de producción se realizó un análisis de regresión polinómica, siendo la variable independiente la distancia entre plantas y las variables dependientes el número de tubérculos para cada categoría. De acuerdo con Cotes *et al.* (1999), el análisis de la tasa de multiplicación se realizó gráficamente a partir de la siguiente fórmula

$$TM = \frac{P}{m^2} * D_p^2$$

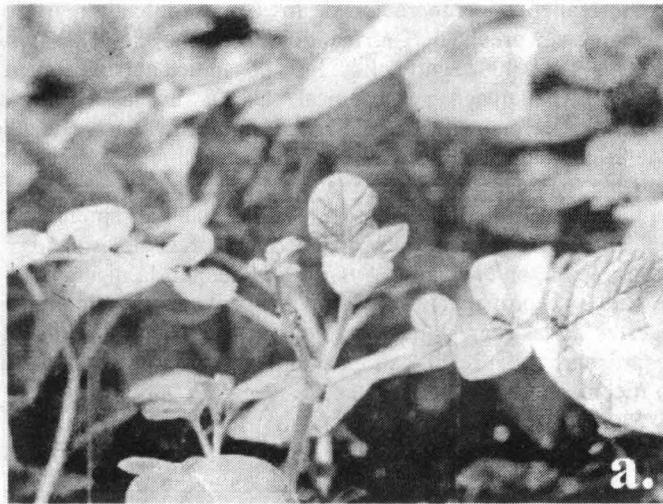
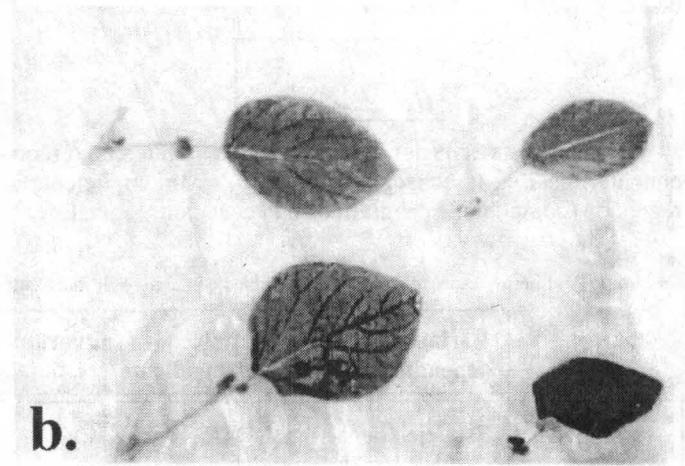
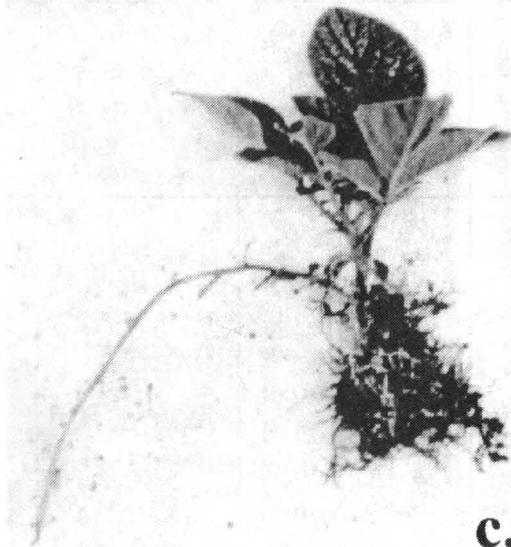
donde TM es la tasa de multiplicación, (P / m<sup>2</sup>) es la producción (número de tubérculos) por metro cuadrado y D<sub>p</sub> es la distancia entre plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Vigor de los esquejes

Se encontró que la totalidad de los esquejes de tallo juvenil, no enraizaron sin su hoja más próxima, esto se debe posiblemente a que la hoja translocó prontamente sus reservas a las yemas axilares, favoreciendo así la emisión de raíces adventicias, siendo el efecto deshidratante de la hojas de menor importancia. Las yemas axilares son las que emiten las raíces, sin importar si estas quedaron debajo o encima del sustrato enraizador.

En los esquejes de tallo lateral el enraizamiento ocurrió en el sitio de corte del mismo, donde se aplicaron auxinas. Las seis bandejas de enraizamiento de estos esquejes se presentó un gradiente de humedad bien definido, observándose una clara relación inversa entre humedad y enraizamiento, a mayor humedad menor cantidad de esquejes enraizados, presentándose como caso extremo en la bandeja con mayor contenido de humedad, sólo cuatro esquejes enraizados de 84 posibles.

**a.****b.****c.****d.****e.**

*Fotografía 1.* a) Ubicación del esqueje de tallo lateral en la planta madre. b) Explantes de esquejes de tallo\*juvenil. c) Formación de estolones de una planta de esqueje lateral. d) Formación del tubérculo en los esquejes de tallo lateral. e) Comparación entre plantas provenientes de esquejes de tallo juvenil (arriba) y de esquejes de tallo lateral (abajo).

Para las dos categorías de esquejes (tallo lateral y tallo juvenil) se hicieron análisis de regresión sin intercepto, entre porcentaje de mortalidad de esquejes y días después de transplante (DDT) con altos niveles de significancia ( $P < 0,0006$ ). Las regresiones sugieren modelos cuadráticos, para el porcentaje de esquejes muertos (Cuadro 1). Según Cotes *et al.* (1999), la tasa de mortalidad esta dada por la ecuación

$$\frac{dy}{dx} = \hat{\beta}_1 + 2\hat{\beta}_2 x$$

Dentro de esta ecuación lineal, tenemos un intercepto (componente lineal en la ecuación original,  $b_1$ ) y un coeficiente de regresión (componente cuadrático en la ecuación original,  $b_2$ ).

Se realizó la comparación de los  $\hat{a}_1$  y  $\hat{a}_2$  de cada regresión mediante una prueba de T arrojando diferencias altamente significativas ( $P < 0,0001$ ) entre ellos. Esto nos indica que los esquejes de tallo juvenil tienen una tasa lineal (%/día), y una tasa cuadrática (%/día<sup>2</sup>), diferentes que las presentadas por los esquejes de tallo lateral. En magnitud observamos, que la tasa lineal de los esquejes de tallo juvenil, es 7 veces mayor (0,810/0,115) que la presentada por los esquejes de tallo lateral. Este es un argumento contundente para descartar la propagación a través de esquejes de tallo juvenil, en el caso de *S. phureja*. Cuando la planta madre proviene de propagación *in vitro*. Las pruebas de algunos supuestos de las regresiones obtenidas, demuestran la validez de las mismas (Cuadro 1) y su excelente ajuste se puede observar gráficamente en la Figura 2.

Cuadro 1. Parámetros estimados para las variables de número de tubérculos.

	VARIABLES dependiente	VARIABLE independiente	Parámetro estimado	Error estándar	Prob>f	R <sup>2</sup>	Shapiro-Wilks <sup>1</sup> prob<w	Rachas <sup>2</sup> prob>z
Mortalidad de esquejes	Esquejes de tallo lateral (ML)	DDT'	0,115	0,013	0,0127	0,9997	0,9601	0,2071
		DDT' <sup>2</sup>	0,011	0,0007	0,0046			
	Esquejes de tallo juvenil (MT)	DDT'	0,810	0,116	0,0199	0,9994	0,9121	0,2071
		DDT' <sup>2</sup>	0,053	0,006	0,0148			
Número de tubérculos por categoría para esquejes de tallo lateral	Totales (NT)	Intercepto	1276,2806	126,9120	0,0001	0,9774	0,4644	0,2225
		D	-144,9604	26,3715	0,0015			
		D <sup>2</sup>	4,5727	1,2454	0,0104			
	Entre 0.5 y 1.27 cm de diámetro (N3)	Intercepto	197,0608	10,9636	0,0001	0,9426	0,1973	0,0633
		D	-0,7571	0,0706	0,0001			
		D <sup>2</sup>	757,1851	93,8370	0,0002	0,9611		
	Entre 1.27 y 2 cm de diámetro (N2)	Intercepto	757,1851	93,8370	0,0002	0,9611	0,7354	0,2225
		D	-94,5225	19,4987	0,0029			
		D <sup>2</sup>	3,21873092	0,9208033	0,0129			
	Entre 2 y 4 cm de diámetro (N1)	Intercepto	287,9767	18,4112	0,0001	0,9782	0,1760	0,2225
		D	-43,2434	3,8257	0,0001			
		D <sup>2</sup>	1,7738	0,1806	0,0001			

DDS' = Días después de transplante; D = Distancia de siembra (cm); <sup>1</sup> Normalidad de errores; <sup>2</sup> Independencia de errores

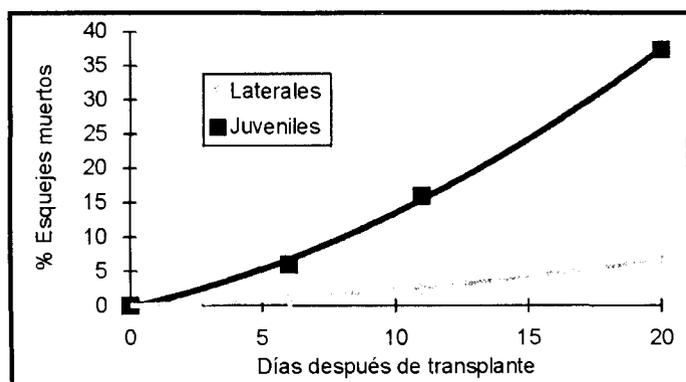


Figura 2. Curvas de mortalidad de las distintas clases de esquejes evaluados.

Fisiológicamente se puede atribuir este resultado a que los esquejes de tallo lateral tienen una mayor concentración de hormonas (auxinas principalmente) y fotoasimilados, ya que poseen meristemos apicales en activo crecimiento. Al poseer mayores concentraciones de hormonas y fotoasimilados su facilidad para enraizar queda manifiesta. Los esquejes de tallo juvenil poseen tejidos potencialmente rediferenciables, sin embargo no tienen la acumulación de hormonas y fotoasimilados necesaria para este proceso, por lo tanto su enraizamiento no es tan exitoso.

## Esquejes de tallo lateral

### VARIABLES DE PRODUCCIÓN

Los esquejes de tallo lateral tienen una buena producción de estolones (Fotografía 1c). Estos producen un tubérculo por cada nudo, empezando por el nudo proximal al tallo principal. En la Fotografía 1d podemos detallar qué tubérculos de la parte distal de los estolones están iniciando crecimiento, mientras los demás (proximales) están en pleno desarrollo, esta pérdida de dominancia apical del estolón puede deberse a que las auxinas están más concentradas en el punto de corte del explante, por la aplicación de hormonagro; punto desde donde salen los estolones con las raíces adventicias. La cosecha se realizó 171 días después de obtenido el explante, 5 días antes que la cosecha de los minitubérculos semilla reportada por Cotes *et al.* (1999)

Todas las variables de producción de tubérculos (NT, N1, N2 y N3), presentan regresiones satisfactorias en función de la distancia de transplante y los parámetros para cada una de las regresiones presentaron niveles de significancia del 0,01% (Cuadro 1).

Para todas las distancias de siembra se encuentra una mayor producción de tubérculos entre 1,27 y 2 cm de diámetro (N2), y una menor producción de tubérculos entre 2 y 4 cm de diámetro (N1). Además se encuentra que la mayor producción se obtiene a una distancia de 6 cm entre esquejes, disminuyendo en forma lineal (según los coeficientes de regresión encontrados). Para el caso de los tubérculos entre 0,5 y 1,27 cm de diámetro (los más pequeños), se encuentra que adicionalmente decrecen a una tasa cuadráticamente de  $-0,75$  tuberculos/cm<sup>2</sup> (Figura 3a).

Los tubérculos entre 1,27 y 2 cm de diámetro (N2), son más afectados por la distancia entre plantas ya que decrecen a una tasa lineal (tub/cm) 2,19 veces mayor (94,52/43,24) que los tubérculos entre 2 y 4 cm de diámetro (N1). Esto puede deberse a que en menores distancias entre plantas (6 cm) hay una mayor competencia por luz y nutrientes generando un mayor particionamiento de los fotoasimilados y produciendo mayor cantidad de tubérculos medianos (N2) que a distancias mayores (15 cm), donde hay menor competencia y se genera mayor cantidad de tubérculos grandes (N1); lo cual es acorde con lo reportado por Bryan *et al.* (1981).

Las regresiones presentan altos coeficientes de determinación (entre 0,94 y 0,98) y cumplen satisfactoriamente supuestos de normalidad e independencia de errores, con lo cual los modelos encontrados son adecuados y confiables (Cuadro 1).

### Tasa de multiplicación

La tasa de multiplicación es función del cuadrado de la distancia entre plantas (por estar igualmente espaciados entre surcos y entre plantas) y de la producción por m<sup>2</sup> (Cotes *et al.*, 1999). Se encuentra que esta última, es a su vez, dependiente del cuadrado de la distancia entre plantas (Cuadro 1), por lo que la función de tasa de multiplicación tendrá en sus términos independientes efectos hasta de cuarto orden (X<sup>4</sup>), así:  $TMT = b_0D^2 + b_1D^3 + b_2D^4$ ;  $TM1 = b_0D^2 + b_1D^3 + b_2D^4$ ;  $TM2 = b_0D^2 + b_1D^3 + b_2D^4$ ;  $TM3 = b_0D^2 + b_2D^4$ . Todas las ecuaciones tienen componentes de cuarto orden (D<sup>4</sup>) por lo tanto, existirán 3 coordenadas que puntualizarán tasas de multiplicación máximas o mínimas. Como se está limitado a las distancias entre plantas ensayadas se calculó la tasa de multiplicación respectiva, para cada tratamiento (Figura 3b).

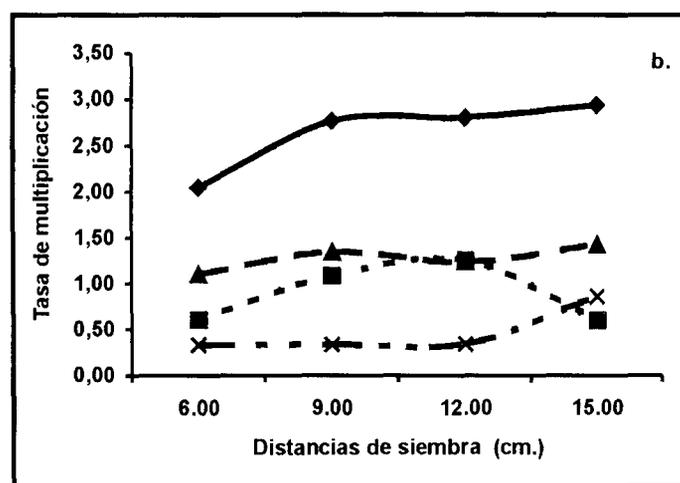
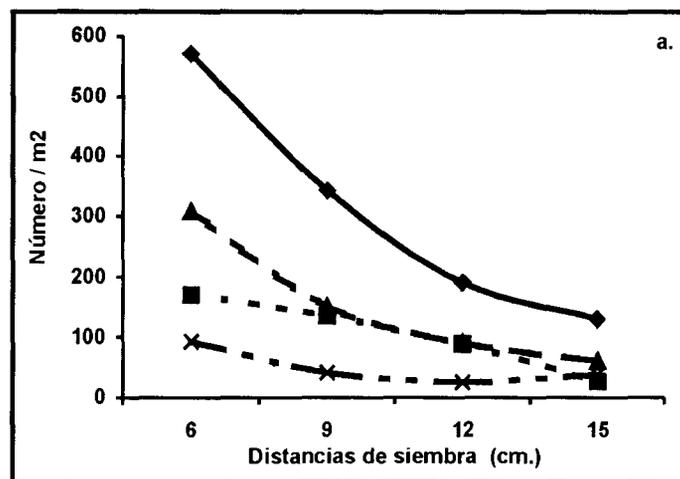


Figura 3. a) Relación entre las variables de número de tubérculos, clasificados según su diámetro y las distancias de transplante entre esquejes de tipo lateral. b) Tasas de multiplicación de tubérculos cosechados clasificados según su diámetro, a diferentes distancias de siembra para esquejes de tipo lateral.

Se encuentra que la distancia de 15 cm entre plantas obtiene las mayores tasa de multiplicación para tubérculos totales (TMT), tubérculos entre 1,27 y 2 cm de diámetro (TM2) y tubérculos entre 2 y 4 cm de diámetro (TM1) (Figura 3b); conformando estas dos últimas categorías la semilla prebásica para sacar a campo. A la distancia de 12 cm entre plantas se obtiene la mayor tasa de multiplicación para tubérculos entre 0,5 y 1,27 cm de diámetro (TM3). La tasa de multiplicación de tubérculos totales (TMT) a partir de la distancia de 9 cm entre plantas no evidencia cambios importantes, lo mismo ocurre para las distancias de 6 y 12 cm entre plantas en la tasa de multiplicación de tubérculos entre 2 y 4 cm de diámetro (TM1). La tasa de multiplicación de tubérculos entre 1,27 y 2 cm de diámetro (TM2), no muestra una tendencia clara, lo que indica que el efecto de la distancia de siembra es poco marcado.

En *S. tuberosum* se han encontrado tasa de multiplicación de 5 tub./esqueje (INIAP, 1993) y 4,9 tub./esqueje (Aguilar *et al.*, 1988), las cuales son más altas que la mejor tasa de multiplicación encontrada (2,94 tub./esqueje) a la distancia de siembra de 15 cm entre plantas, lo cual es explicable por la diferencia entre ambas especies.

## Esquejes de tallo juvenil

Los esquejes de tallo juvenil producen generalmente un (1) tubérculo en la yema axilar; no mayor de 2 cm de diámetro. Cuando produce dos (2), éste es de un diámetro inferior a 0,5 cm. Este tipo de esquejes presentan un menor vigor que los esquejes de tallo lateral, la formación del tubérculo es a partir de la yema axilar con escasa o ninguna emisión de hojas y raíces, por lo que la competencia por luz o nutrientes queda totalmente descartada (Fotografía 1e). De esta manera, queda sin soporte realizar análisis estadísticos a las variables de producción de tubérculos, presentando una mayor producción la distancia de 6 cm entre explantes, por tener una mayor cantidad de esquejes por metro cuadrado. La tasa de multiplicación para este tipo de material de propagación es de 1 tubérculo por esqueje de tallo juvenil transplantado. Finalmente, la cosecha se realizó 107 días después de obtenido el explante.

Comparando este tipo de propagación con la realizada a través de minitubérculos (Cotes *et al.*, 1999) se encuentra que el tiempo de producción de los esquejes de tallo juvenil es 61% (107/175) más corto, comparado con los minitubérculos semilla menores de 0,5 cm de diámetro, pero su producción es tan solo el 6,41% (82,3/1284) de estos. Por lo tanto en dos (2) ciclos de esquejes sólo se produce el 12,82% de lo que se obtiene en un ciclo de minitubérculos menores de 0,5 cm de diámetro (los de menor producción entre los minitubérculos evaluados). De esta manera, la utilización de esquejes de tallo juvenil no es una buena opción para la producción rápida de semilla prebásica.

En *S. tuberosum* Aguilar *et al.* (1988) reportaron en esquejes de tallo juvenil, tasas de multiplicación que oscilan entre 4,0 y 3,7, dependiendo de la posición del esqueje en la planta. Al igual que en esquejes de tallo lateral, esto es explicable por la diferencia entre ambas especies.

## LITERATURA CITADA

- AGUILAR J., MOLINA J. y VITTORRELLI C. Desarrollo y producción de esquejes de tallo juvenil en papa obtenidos en cuatro partes diferentes de la misma planta. Revista Latinoamericana de la papa. Vol. 1. N° 1. p. 50-56. 1988
- ALVARADO, L. F., Anatomía y fisiología de la planta de papa. Instituto Colombiano Agropecuario. Estación experimental Obonuco. Distrito de transferencia de tecnología. Pasto. Nariño. 1980
- ARIAS, V. y BUSTOS, P. B. Evaluación del rendimiento y algunos aspectos fisiológicos papa criolla, bajo diferentes densidades de siembra en la Sabana de Bogotá. Tesis de grado Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1996
- BRYAN, J., JACKSON, M. y MENDEZ, M. Técnicas de multiplicación rápida de papa. Lima Centro Internacional de la papa. CIP. p.19. 1981
- BURTON, W. G. The potato. A survey of it's history and of factor influencing it's yield. Nutritive value, quality and storage. The Netherlands. p. 382. 1960
- CAICEDO, A. R. y OCHOA, J. C. Efectos de la peregrinación y sistemas de siembra sobre el número de brotes, densidad de tallos y rendimientos comerciales en dos variedades de papa. Tesis Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, Bogotá. 1989
- CARRASCO, A. C. y PINEDA, R. Papa criolla «yema de huevo» una multivariada nativa. Revista papa Fedepapa No 7: p. 14 - 18 Bogotá. 1993
- CASTRO D. RESTREPO A. Programa para la producción de tubérculos semilla de papa *S. tuberosum*. Serie investigaciones. Universidad Católica de Oriente. Rionegro Antioquia. 1993
- COTES, J., C. ÑUSTEY, e I. PACHON. Establecimiento de una metodología para la producción de semilla prebásica de papa criolla variedad "yema de huevo" (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) a partir de minitubérculos. Agronomía Colombiana 16 (1-3): 5-12, 1999
- DEL VALLE, E. A., Papa amarilla Yema de huevo ó papa «criolla» Colombiana. Revista papa FEDEPAPA. No. 10:3. Bogotá. 1994
- DRAPER, N. R. y SMITH, H. Applied Regression Analysis. Segunda Edición. John Wiley & Sons. New York. U.S.A. 1981. p. 709. 1981
- ESTRADA, R. N. Recursos genéticos en el mejoramiento de la papa en los países andinos. PAPAS COLOMBIANAS : con el mejor entorno ambiental. Bogotá, Colombia. 1996
- ESTRELLA, D. Comparación de cinco métodos para erradicación de virus de papa en Ecuador. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad central. Facultad de ciencias agrícolas. Quito. Ecuador. p. 93. 1985
- FEDEPAPA, La papa criolla una alternativa agroindustrial. Boletín informativo. Número 10:3. Bogotá. Colombia. 1988
- FEDEPAPA, Variedades de papa Colombiana. Revista papa No. 4:11. Bogotá. Colombia. 1992
- FEDEPAPA, Evaluación de distancias de siembra y número de tubérculos semilla por sitio en la producción de papa criolla. Memorias II simposio de papa criolla. Bogotá. 1996
- HERNANDEZ, E. Producción de semilla básica de papa criolla *S. phureja*. memorias II simposio de papa criolla. Santa fe de Bogotá. 1996
- HUMAN, Z. Botánica sistemática y morfología de la papa. Centro Internacional de la Papa CIP. Boletín de Información Técnica No 6. Lima, Perú. 1980
- INIAP. «Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias». Producción de semilla de papa con alta calidad sanitaria a partir de cultivos de tejidos. Revista Pracipa. Boletín técnico No 73, Quito. Ecuador. p.26. 1993
- IVINS, J. D. y BREMNER, P. M. Growth, development and yield in the potato. OutlookAgric. 4 211 - 217. 1965
- LUJAN, L. Principios básicos de almacenamiento de papa. Instituto Colombiano Agropecuario. El cultivo de la papa. ICA. Medellín. Colombia. Compendio 24. 1978
- LUJAN, L. Morfología, estructura y fisiología de la planta de papa. Revista papa. FEDEPAPA. No. 2: 23-29. Bogotá. 1991
- MARTINEZ, R., OSPINA, J., ÑUSTEY, C. y MONTENEGRO, H. Evaluación del rendimiento y algunas variables fisiológicas en papa criolla *S. phureja* bajo diferentes dosis de fertilización con sustancias húmicas, gallinaza y fertilizante químico. Memorias "simposio de proyectos y resultados de investigación en papa. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1995
- MERINO, J. S. y MESA, C. J. Influencias de épocas y distancias de siembra de la arveja en el rendimiento del arreglo papa criolla (*S. phureja*) arveja (*Pisum sativum*). Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1982

- NEIRA R. I. y PANQUEVA, J. O.. Aplicaciones de tres fuentes de materia orgánica como complemento a la fertilización con 13-26-6. en papa criolla "Yema de huevo" (*S. phureja*) Juz et Buk en Toca .Boyacá. II simposio de papa criolla. FEDEPAPA. Revista papa. Bogotá. 1996
- OBANDO, B. O. y PULIDO, M. A. Evaluación de dos edades fisiológicas de semilla asexual de papa sobre los estados de crecimiento y desarrollo y el rendimiento comercial. Tesis. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1987
- OSPINA, J., MARTÍNEZ, R. y ÑUSTEZ, C. Estudio del efecto de la interacción fertilización química y sustancias húmicas en el rendimiento del cultivar papa criolla *Solanum phureja*. Memorias "Simposio de proyectos y resultados de investigación en papa. Universidad Nacional. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1995
- PROINPA, Programa de investigación de la papa. Informe Anual. Compendio 1994 - 1995. IBTA (Instituto Boliviano de Tecnología Agrícola. La Paz. Bolivia. p. 59-62. 1996
- RODRIGUEZ, M. y TORRES, C. Estudio de los factores que determinan el patrón de precocidad en papa *S. tuberosum*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá. 1993
- SALISBURY, B. F. y ROSS, W. C. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamericana. United States of America. p. 555. 1992
- SAS INSTITUTE INC., SAS Language Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. p. 429. 1985
- SAS INSTITUTE INC., SAS Procedures Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. p. 177-186, 327-358. 1985
- SAS INSTITUTE INC., SAS/STAT Guide for Personal Computers, Version 6 Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA. p. 549-640, 773-876, 941-948. 1987
- STEEL, R. y TORRIE, J. Bioestadística Principios y procedimiento. Segunda edición (primera en español ) Mc Graw Hill. México D. F., México., p. 622. 1990
- WALPOLE, RONALD E., MYERS y RAYMOND H. Probabilidad y Estadística. Cuarta Edición (Tercera en español). Mc Graw Hill. México D. F., México. 1992
- WIERSEMA, S. G. Efectos de la densidad de tallos en la producción de papa . Boletín de información técnica No 1. Centro internacional de la papa. CIP. Lima . Perú. p. 16. 1981