



Foto: Paula Colnago

ALTERNATIVAS PARA LA MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA DE PAPA DE ALTA CALIDAD

Ing. Agr. Dra. Paula Colnago¹
Bach. Rodrigo Arana²
Ing. Agr. PhD. Francisco Vilaró³
Lic. Dra. Bettina Lado⁴
Téc. Granjero Gustavo Rodríguez⁵
Ing. Agr. Dr. Matías González Arcos⁵

¹Profesora Adjunta. Departamento de Producción Vegetal. Centro Regional Sur - Facultad de Agronomía, Udelar

²Proyecto CSIC-VUSP2

³Docente libre. Departamento de Producción Vegetal. Centro Regional Sur - Facultad de Agronomía, Udelar

⁴Profesora Adjunta. Departamento de Estadística y Cómputos - Facultad de Agronomía, Udelar

⁵Investigador. Sistema Vegetal Intensivo. Mejoramiento Genético de Hortalizas - INIA

Con el fin de contribuir a la producción nacional de semilla de papa, la Facultad de Agronomía (Fagro-Udelar) e INIA complementan esfuerzos para el desarrollo de sistemas de multiplicación de semilla que alcancen a más productores.

INTRODUCCIÓN

Los cultivares de papa desarrollados por el mejoramiento genético nacional presentan ventajas comparativas por su adaptación a las condiciones locales de producción. En particular, se destaca su alta resistencia al virus PVY, facilitando su proceso de multiplicación a nivel local.

La producción de semilla de papa es una actividad especializada que consta de varios pasos y requiere de infraestructura. Para aumentar la disponibilidad de semilla de estos materiales, INIA ha impulsado convenios y alianzas con empresas especializadas para la multiplicación y comercialización de semilla de categoría prebásica y posteriores (Revista INIA 65).

Estas acciones mejorarán en el corto plazo la disponibilidad de las variedades nacionales más demandadas.

Por otra parte, el abastecimiento de semilla de calidad (sanitaria y fisiológica) en predios de escala reducida (no especializados) puede ser aún limitante para lograr buenos resultados productivos. La situación se da por problemas de acceso (costo, escala, organización) y asociadas generalmente a materiales de nicho, es decir, que aportan características de interés para una pequeña porción del mercado. Es clave avanzar en estudiar y adaptar métodos de multiplicación alternativos que faciliten el acceso a semilla de calidad para aportar a la consolidación de una cadena de producción y multiplicación nacional.

Con el objetivo de contribuir al fortalecimiento del sistema de abastecimiento y multiplicación de semilla de papa en productores familiares, Facultad de Agronomía e INIA llevan adelante en conjunto con la Red de Agroecología (RAU) un proyecto de investigación para evaluar la tasa de multiplicación de diferentes materiales de plantación, bajo distintos ambientes¹. A su vez, en sus diferentes instancias de difusión, el proyecto constituye un espacio de intercambio y discusión sobre diferentes estrategias relacionadas con la producción, genética y semilla de papa para productores familiares.

MULTIPLICACIÓN DE PAPA Y ALTERNATIVAS

En la multiplicación clonal el riesgo de transmisión de enfermedades es alto, por lo que es muy importante partir de material sano para evitar la transmisión de enfermedades sistémicas. Se parte de un cultivo de meristemas *in vitro* para obtener plantas libres de virus. Con el propósito de aumentar el número de plantas, durante la etapa juvenil, es posible obtener cortes (esquejes vegetativos) para enraizar. Utilizando el sistema autotrófico hidropónico (SAH) para mantener plantas madre, es posible repicar durante dos a tres ciclos mediante esquejes nodales y enraizar para el trasplante definitivo.

Estos plantines (previamente aclimatados) se plantan en alta densidad para la producción de minitubérculos en invernadero. De esta forma, se logra mantener las condiciones de aislación de insectos vectores de enfermedades, principalmente virus. Esta etapa de la multiplicación puede realizarse bajo distintos sistemas o métodos: en canteros con sustrato, hidroponía o aeroponía.

La multiplicación en sistema aeropónico permite una cosecha escalonada de minitubérculos y aumenta la tasa de multiplicación por planta.

La principal desventaja del trasplante en sustrato es su baja tasa de multiplicación (dos a siete tubérculos por planta dependiendo de la variedad). No obstante, es un sistema que podría adaptarse a menor escala para la producción de algunos materiales de interés. Se ha observado además que este método de multiplicación permite utilizar minitubérculos de peso inferior a 5 gramos.

Distintos métodos y materiales de plantación podrían dar lugar a distintos esquemas de multiplicación que se ajusten a las condiciones diversas que hay en los sistemas de producción familiar. Interesa evaluar el comportamiento productivo (tasa de multiplicación) de métodos alternativos y la factibilidad de su uso para las condiciones locales.

ESTRATEGIA Y METODOLOGÍA

Material genético

La investigación se realiza en dos materiales genéticos: la variedad 'INIA Arequita' como material clonal y una progenie de semilla verdadera de papa (TPS), resultante de un cruzamiento controlado de dos clones avanzados de INIA. Utilizar TPS como alternativa de multiplicación presenta ventajas importantes –muy alta tasa de multiplicación y sanidad inicial, no requiere infraestructura para la conservación de la semilla, flexibilidad para decidir fechas de siembra, entre otras—. Este método está siendo explorado por productores agroecológicos de la Red de Agroecología de Uruguay (RAU) en conjunto con INIA y FAGro (González-Arcos *et al.* 2022).

Métodos de multiplicación

Los métodos de multiplicación rápida de plantas evaluados en el proyecto de investigación en curso son los que se muestran en el Cuadro 1.

Para la consolidación de una cadena de producción-multiplicación nacional, resulta clave estudiar y adaptar métodos de multiplicación alternativos que faciliten el acceso a semilla de calidad.

¹Fortalecimiento de la cadena de multiplicación y abastecimiento de semilla de papa (*Solanum tuberosum L.*) de alta calidad en sistemas de producción familiar. Proyecto financiado por la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la Universidad de la República, programa de vinculación de la Universidad con el sector productivo (VUSP). pcolnago@fagro.edu.uy

Cuadro 1 - Descripción de los tratamientos y origen de los materiales utilizados en el ensayo en macrotúnel a alta densidad, agosto-noviembre 2022.

Mat. genético	Mat. propagación	Origen
Areq	Plantín - esquejes	A partir de frascos <i>in vitro</i> . Multiplicación por esquejes y enraizamiento de plantines
Areq	Brotos	Tubérculos brotados colocados en oscuridad. Los brotes se colocan en bandejas plásticas en cámara para enraizar
Areq	Mini	Minitubérculos de 3 a 8 gramos. Colocados a 20 °C y tratados con GAs
TPS	Plantín - semilla	Semilla botánica
TPS	Brotos	Brotos alargados, mini envejecidos
TPS	Mini	Minitubérculos de 5 gramos y aplicación de GAs

1) Multiplicación a partir de brotes. Una alternativa para la obtención de las plántulas es partir de brotes como material inicial de propagación. Debe conocerse la procedencia de los tubérculos madre para dar garantía de su sanidad. Estos brotes pueden ser cosechados y sembrados en almácigueras para la producción de plantas. Dependiendo del largo de los brotes, estos pueden cortarse y producir varias plantas.

2) Multiplicación mediante de cortes nodales a partir de plantas madre micropropagadas (SAH). Esta es la forma habitual de aumentar el número inicial de plantas en la multiplicación clonal.

3) Multiplicación a partir de semilla botánica para las progenies seleccionadas.

4) Multiplicación a partir de minitubérculos entre 5 y 10 g. El tamaño de venta de semilla básica –minitubérculos procedentes de aeroponía o producidos en sustratos a alta densidad– supera los 10 g. No obstante, en el proceso de obtención, varios minitubérculos de menor tamaño no serían utilizados. Interesa por lo tanto conocer el potencial de multiplicación de esta categoría.

ENSAYOS

La primera multiplicación para la obtención de los minitubérculos básicos se realizó en un ciclo de invierno-primavera bajo protección. Se sembró en canteros con sustrato y el marco de plantación utilizado fue de 11 cm entre plantas y 16 cm entre filas, resultando en una densidad de 57 pl/m². El ensayo se instaló el 11 de agosto y se cosechó el 17 de noviembre de 2022 (Figura 2). Esta fecha de cosecha posibilita utilizar la semilla básica obtenida (minitubérculos) en la siembra de febrero (ciclo de otoño), ya que se cumple el período de dormición de estos materiales.

Al momento de la cosecha, los tubérculos fueron clasificados por tamaño: menor a 10 g, entre 10 y 20 g y mayor a 20 g. Los tubérculos fueron almacenados en un galpón en el Centro Regional Sur (CRS) sin control de temperatura y con oscuridad.

Los mismos tratamientos –a excepción de brotes TPS– se instalaron en un ensayo a campo el 7 de marzo y se cosecharon el 9 de junio 2023. El ensayo se realizó en canteros a 1,6 m de distancia y 0,25 m entre plantas (2,5 pl/m²). Se incluyó además un segundo tamaño de minitubérculos (20 g). Se clasificó el rendimiento de acuerdo a las categorías: menor a 20 g, entre 20 y 40 g, entre 40 y 80 g, 80 a 200 g y mayor a 200 g.



Figura 1 - Imágenes de los plantines origen TPS y del cultivar 'INIA Arequita' utilizados en el ensayo. A) brotes TPS, B) brotes de 'INIA Arequita', C) plantín TPS a partir de semilla, D) plantín de 'INIA Arequita' a partir de esquejes.



Figura 2 - Imágenes del ensayo donde se ve la evolución de las plantas de los distintos tratamientos. A) 7 días desde implantación, B) 47 días desde implantación, C) 62 días desde la implantación, D) 91 días desde implantación.

Foto: Rodrigo Arana.

RESULTADOS PRELIMINARES

Producción de semilla prebásica bajo macrotúnel

El rendimiento obtenido bajo macrotúnel en 2022 varió entre 3,28 y 6,35 kg/m² para los tratamientos plantines de TPS y minitubérculos TPS, respectivamente. Estos rangos coinciden con los datos obtenidos en evaluaciones previas con distintas progenies TPS (González-Arcos *et al.* 2022). El número de tubérculos producidos/m² varió entre 104 para los brotes de Arequita y 315 para los minitubérculos TPS (Cuadros 2 y 3).

La producción total en gramos fue similar entre los materiales genéticos y tipo de material vegetal, pero no así el número de minitubérculos obtenidos (Cuadro 3). En esta etapa de la multiplicación, interesa obtener un alto número de prapágulos para la siguiente etapa. Si

se observan los resultados por material de plantación, el menor número de propágulos se obtuvo a partir de los brotes, explicado por el bajo número de tubérculos producidos por 'INIA Arequita' (Cuadro 2).

La diferencia entre el número de tubérculos/m² obtenido entre minis TPS e 'INIA Arequita' responde al estado de brotación de los minitubérculos a la siembra. La demora en la emergencia del tratamiento minitubérculos de 'INIA Arequita' por tratarse de semilla más joven, afectó el rendimiento total obtenido y su distribución en un ciclo corto (Figura 3). Si bien los minitubérculos se trataron con giberelina previo a la siembra para intentar homogeneizar este factor, la respuesta no fue clara.

La distribución de tamaños puede tomarse como referencia para ajustar la densidad de plantación, definiendo previamente cuál es el tamaño objetivo de la semilla a cosechar y su destino.

Cuadro 2 - Número de tubérculos en cada categoría según peso y peso total/m².

Tratamiento	< 10 g/m ²	10-20 g/m ²	>20 g/m ²	n° total	gramos/m ²
Minis TPS	129,7	69,7	116,0	315 a	6345 a
Plantín Arequita	46,7	53,7	74,7	175 ab	4147 ab
Minis Arequita	34,3	26,7	71,0	132 ab	3591 ab
Brotos TPS	56,0	54,3	66,7	177 ab	3990 ab
Plantín TPS	81,7	57,0	52,3	191 b	3280 b
Brotos Arequita	14,7	12,3	76,7	104 c	6259 ab

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Cuadro 3 - Rendimiento promedio obtenido (g y n°) agrupado por material genético y por material de plantación.

Material genético	g/m ²	n°/m ²
TPS	4538 a	228 a
Areq	4665 a	137 b
Material vegetal		
Plantín	3713 a	183 a
Minitubérculos	4968 a	224 a
Brotos	5124 a	140 b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Producción de semilla básica a campo en otoño: primera generación (G1)

La tasa de multiplicación a campo varió entre 4,5 y 7,6 tubérculos por planta sin diferenciarse entre materiales genéticos ni material de plantación. El mayor rendimiento se obtuvo con minitubérculos de mayor tamaño (Cuadro 4 y Figura 5).

En trabajos previos, minitubérculos entre 2 y 4 g tuvieron bajo porcentaje de sobrevivencia a campo y gran retraso en la emergencia, mientras que los esquejes obtuvieron el mayor rendimiento (Damiano y Vique, 2023). No obstante, en este ensayo los minitubérculos de 5 g de 'INIA Arequita' obtuvieron un rendimiento por planta superior a 500 g, lo que muestra el potencial de esta categoría de tamaño. Es necesario continuar evaluando los materiales en distintas épocas y sistemas de producción (protegido/campo) para poder concluir sobre su potencial y adecuación a situaciones productivas.

El fuerte déficit hídrico, sumado a las altas temperaturas registradas durante el verano 2022-23, retrasó la instalación del cultivo y generó condiciones adversas para el crecimiento del cultivo. Se registró una pérdida importante de plantines TPS post trasplante. Este es un aspecto relevante a considerar en la instalación a campo ya que, en relación con los minitubérculos, se trata de un material de plantación con menos capacidad de recuperación frente a condiciones de restricción de agua y estrés por temperatura.

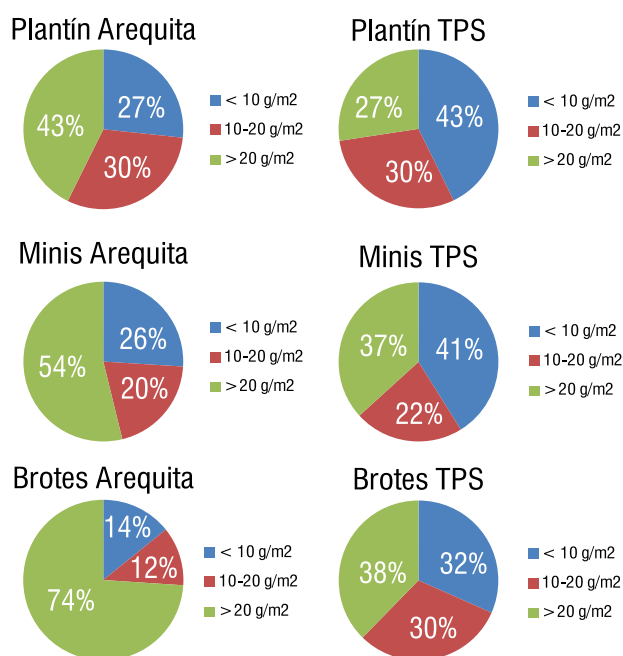


Figura 3 - Distribución porcentual del número de minitubérculos según tamaño. Macrotúnel 2022.

Cuadro 4 - Producción por planta (gramos y n° de tubérculos) y por superficie (m²). Cultivo a campo, zafra otoño 2023.

Tratamiento	g/pl	g/m ²	n° tub/pl
Arequita plantín	383 bc	959 bc	4.5 a
Arequita brotos	379 bc	948 bc	7.6 a
Arequita minis 5 g	565 b	1412 b	5.0 a
Arequita minis 20-40	938 a	2345 a	6.6 a
TPS plantines	264 c	661 c	6.5 a
TPS minis 20-40	886 a	2214 a	7.4 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



Figura 4 - Jornada de presentación de resultados y recorrida de ensayo, Centro Regional Sur (CRS), Fagro.

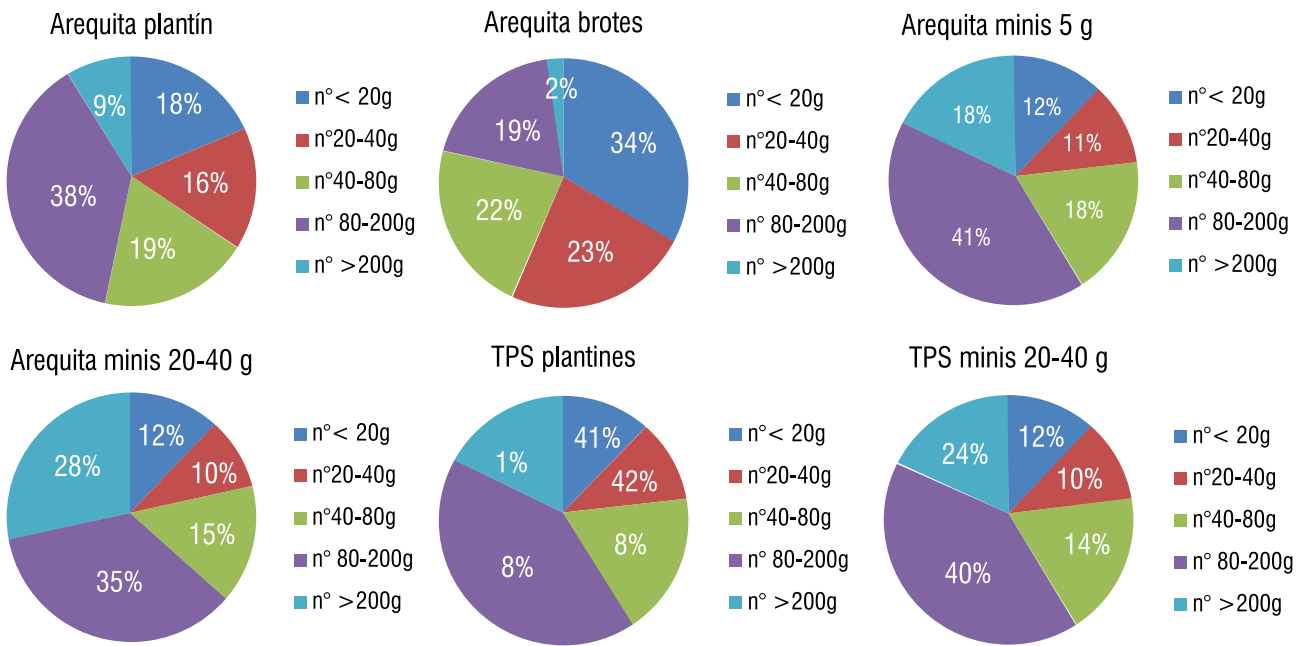


Figura 5 - Distribución porcentual del número de minitubérculos según tamaño. Macrotúnel, 2022.

PERSPECTIVAS

El trabajo de investigación está en curso y actualmente se cuenta con una repetición del ensayo en sustrato a mayor densidad de plantación (macrotúnel, 18 de agosto), y se instaló el ensayo a campo para la evaluación en el ciclo de primavera (25 de setiembre). El trabajo de evaluación a partir de TPS se complementa con el esquema de multiplicación y selección de progenies más adaptadas que está ensayando INIA en cooperación con Fagro/ Udelar y la Red de Agroecología. Se instalaron parcelas de los dos materiales genéticos (Progenie TPS e ‘INIA Arequita’) en dos predios comerciales agroecológicos, a partir de la semilla básica producida en macrotúnel en 2022. Se realizó la cosecha de otoño y se volvieron a plantar en primavera, completando un ciclo convencional de multiplicación posterior a nivel de predio.

Al finalizar el proyecto, se contará con datos suficientes para evaluar el comportamiento de los distintos materiales en las dos estaciones principales de producción y en condiciones protegidas. Además,

la evaluación y seguimiento realizado en predios comerciales permitirá discutir la adecuación a distintas situaciones productivas. El trabajo viene despertando interés y sumando más productores en el uso de semilla de alta calidad.

REFERENCIAS

Damiano M., Vique B. 2023. Efecto del material de plantación en la producción de semilla de papa (*Solanum tuberosum*). Tesis para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

González Arcos M., Vilaró F., Rodríguez G., Colnago P., Piñeiro J. Semilla verdadera de papa: propuestas y desafíos para la producción local. Revista INIA 69.



Foto: Rodrigo Arana

Al finalizar el proyecto, la evaluación y seguimiento realizado en predios comerciales permitirá discutir la adecuación de los materiales a distintas situaciones productivas.