

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

EFFECTO DEL MATERIAL DE PLANTACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE  
SEMILLA BÁSICA DE PAPA (*Solanum Tuberosum*)

por

Matías Rodrigo DAMIANO GAUDENTI  
Bruno Maximiliano VIQUE LASSERRE

Trabajo final de grado presentado como  
uno de los requisitos para obtener el título  
de Ingeniero Agrónomo

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023

Trabajo final de grado aprobado por:

Directora:

-----  
Ing. Agr. Dra Paula Colnago

-----  
Ing. Agr. MSc Mariana Scarlato

-----  
Ing. Agr. Dr Francisco Vilaró

Fecha: 9 de febrero de 2023

Autores:

-----  
Matías Rodrigo Damiano Gaudenti

-----  
Bruno Maximiliano Vique Lasserre

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias por apoyarnos y acompañarnos durante toda la carrera, siendo nuestros pilares en la formación como personas y el impulso necesario para recorrer este camino.

A nuestra tutora Paula por ser nuestra guía en esta etapa de la carrera, por el apoyo y la plena disponibilidad siempre brindada frente a nuestras inquietudes.

A la universidad y a sus funcionarios por brindarnos el lugar, los materiales y el conocimiento en estos años para nuestra formación como profesionales.

A la empresa Rustika.uy por brindarnos los materiales genéticos necesarios para el desarrollo de la presente tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL:.....	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	2
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL.....	2
2.2 ZONIFICACIÓN Y ESTACIONES DE CRECIMIENTO EN URUGUAY .....	2
2.3 ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA .....	3
2.4 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO.....	4
2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBÉRCULOS-SEMILLA.....	5
2.5.1 Estado fisiológico de los tubérculos-semilla .....	5
2.5.2 Sanidad del tubérculo-semilla .....	5
Enfermedad: mosaico rugoso (causada por el virus PVY) .....	7
Enfermedad: mosaico de la alfalfa (causada por el virus AMV) .....	7
2.5.3 Tamaño de los tubérculos-semilla.....	8
2.6 ORIGEN DE LA “SEMILLA” EN CADA ÉPOCA Y SU RELACION CON LA EDAD FISIOLÓGICA .....	9
2.6.1 Ciclo de otoño.....	9
2.6.2 Ciclo de primavera .....	9
2.7 MATERIALES GENÉTICOS UTILIZADOS EN EL PAÍS.....	10
2.7.1 Características de la variedad INIA Arequita.....	11
2.7.2 Comparación de materiales genéticos utilizados en el país .....	12
2.8 PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA .....	13
2.9 Producción de plantines a partir de esquejes .....	13
2.10 PRODUCCIÓN CONVENCIONAL DE TUBÉRCULO-SEMILLA.....	14
2.10.1 Condiciones de producción.....	15
2.11 MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA “NO TRADICIONALES” ..	16
2.11.1 Producción de minitubérculos sin sustrato .....	16
2.11.1.1 Producción de minitubérculos en aeroponía .....	17

2.11.2 TPS: semilla botánica de papa.....	18
2.11.3 Comparación de los métodos de propagación .....	20
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1 UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL .....	21
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	21
3.3 TRATAMIENTO DE PLANTINES .....	22
3.4 TRATAMIENTO A LOS MINITUBÉRCULOS.....	22
3.5 INSTALACIÓN DEL ENSAYO.....	22
3.6 MANEJO CULTURAL .....	23
3.7 VARIABLES MEDIDAS .....	24
3.7.1 Muestras.....	24
3.7.2 Medición de variables .....	24
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	25
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO .....	26
4.2 ESTADO SANITARIO DEL CULTIVO .....	27
4.2.1 Incidencia y severidad de enfermedades .....	27
4.2.2 Incidencia y severidad de insectos.....	29
4.2.3 Incidencia y severidad de virus .....	29
4.3 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO.....	30
4.3.1 Emergencia e instalación.....	30
4.3.2 Crecimiento del cultivo.....	31
4.4 RENDIMIENTO DEL CULTIVO .....	33
4.4.1 Categorización de la producción obtenida .....	33
4.4.2 Número de tubérculos y peso de tubérculos .....	33
4.4.3 Tubérculos defectuosos .....	35
4.5 ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN EVALUADOS Y RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ENSAYOS.....	37
5. CONCLUSIONES .....	39
6. RESUMEN.....	40
7. SUMMARY .....	41
8. BIBLIOGRAFÍA.....	42

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

<b>Cuadro</b>	<b>No. página</b>
Cuadro N° 1. Principales variedades utilizadas en el país, período 2003-2021 .....	11
Cuadro N° 2. Superficie sembrada y rendimiento según variedad en primavera 2020/2021. ....	11
Cuadro N° 3. Superficie sembrada según variedad en otoño 2021. ....	11
Cuadro N° 4. Comparación de las principales características de las variedades nacionales y las variedades extranjeras más plantadas.....	12
Cuadro N° 5. Comparación de métodos de producción de semilla básica ..	20
Cuadro N° 6. Cuadro resumen del manejo cultural realizado. ....	24
Cuadro N° 7. Porcentaje de tejido afectado por <i>Phytophthora infestans</i> .....	28
Cuadro N° 8. Número y peso (gramos) de los órganos por m <sup>2</sup> a los 42 DDS. .....	31
Cuadro N° 9. Número y peso seco de tubérculos por m <sup>2</sup> clasificados según tamaño; y número total, peso fresco y seco total, e índice de cosecha (IC). 33	33
Cuadro N° 10. Porcentaje del número de tubérculos por categoría. ....	34
Cuadro N° 11. Porcentajes de tubérculos a la cosecha con condiciones de descarte .....	36

<b>Figura</b>	<b>No. página</b>
Figura N° 1. Esquema de multiplicación y certificación de papa-semilla. ....	13
Figura N° 2. Esquema de multiplicación in vitro .....	14
Figura N° 3. Vías de producción a partir de TPS. ....	19
Figura N° 4. Esquema del diseño experimental, donde “B” son los bloques numerados del 1 al 4 y “T” los tratamientos del 1 al 3. Las líneas punteadas indican el sentido de los canteros. ....	21
Figura N° 5. Diagrama del proceso de producción de plantines, minitubérculos y la posterior multiplicación a campo. Flechas rojas indican los materiales utilizados como tratamientos. ....	22
Figura N° 6. Temperatura y precipitaciones, expresado cada diez días, durante la estación de crecimiento (marzo-junio 2021). ....	26
Figura N° 7. Evapotranspiración y humedad relativa durante la estación de crecimiento (marzo-junio 2021).....	27
Figura N° 8. Planta afectada por <i>Phytophthora infestans</i> . Arriba primeros síntomas en hoja y tallos a los 34 DDS; Abajo: daño en planta y tubérculos a los 76 DDS.....	28
Figura N° 9. Planta con hojas afectadas por sintomatología atribuida al virus de la alfalfa, a los 42 DDS. ....	30
Figura N° 10. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m <sup>2</sup> de T1... 31	31
Figura N° 11. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m <sup>2</sup> de T2... 32	32
Figura N° 12. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m <sup>2</sup> de T3... 32	32
Figura N° 13. Peso de tubérculos por categoría/m <sup>2</sup> por tratamiento. ....	35

## **1. INTRODUCCIÓN**

El cultivo de papa es el cultivo hortícola que ocupa mayor superficie en Uruguay, con 3800 hectáreas en la zafra 2020/21 (MGAP. DIEA, 2021) y el de mayor consumo en el país, equivalente a 30 kg por habitante/año (Samuelle, 2019).

El mecanismo de instalación predominantemente utilizado es la propagación clonal, para lo cual se utilizan miles de toneladas de tubérculos al año (en 2021, 10211 toneladas. MGAP. DIEA, 2021). Aproximadamente el 85% de este volumen es de origen nacional y procede de ciclos anteriores (8675 toneladas en 2021) y el restante 15% es semilla importada desde el hemisferio norte (1536 toneladas en 2021) (MGAP. DIEA, 2021).

Esta situación país refleja la situación mundial, lo cual genera que la comercialización de tubérculos-semilla sea un negocio importante a nivel global. En este sentido, el presente trabajo busca generar conocimiento sobre la adaptación a nuestras condiciones de métodos de propagación alternativos, buscando disminuir volúmenes, costos iniciales para multiplicar el cultivo y facilitar la difusión de cultivares nacionales de mayor adaptación de modo que se transforme en una alternativa tecnológica para pequeños productores del país.

El trabajo final de grado se enmarca en una cooperación de trabajo entre el grupo de horticultura del Departamento de Producción Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, y la empresa de biotecnología Rustikas.uy especializada en la producción aeropónica de minitubérculos de diferentes variedades de papa.

### **1.1 OBJETIVO GENERAL:**

Estudiar el efecto del uso de diferentes materiales de plantación sobre la producción de semilla básica de papa como alternativa al uso tradicional de tubérculo-semilla.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- i. Conocer la tasa de multiplicación de los minitubérculos y los plantines
- ii. Evaluar la viabilidad de la utilización de plantines a campo.
- iii. Analizar el crecimiento y desarrollo del cultivo partiendo de los diferentes materiales de plantación utilizados.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL**

Según la encuesta realizada por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) para la zafra 2020/21, el área cultivada de papa fue de 3800 hectáreas anuales; con una tendencia marcada al descenso de la superficie ocupada en los últimos 20 años (Bregante, 2013). Una limitante de las encuestas de zafra realizadas por MGAP. DIEA es que los productores que anualmente son encuestados son los que al censo de 2000 declararon cultivar más de 6 hectáreas de papa.

El descenso en la superficie sembrada está asociada a otro hecho que coincide en tiempo, y es la creciente importación de papa procesada, que luego de la crisis del 2002 tuvo un importante aumento pasando de 8 mil a casi 30 mil Mg al año (Casares, 2021), manteniéndose este nivel estable en los últimos años. Este aumento de las importaciones, asociadas al consumo interno hace que parte del nicho de venta en el mercado interno esté ocupado por las importaciones (40% aproximadamente).

El rendimiento promedio nacional, se ubica en el entorno de las 22-25 Mg ha<sup>-1</sup> (Casares, 2021). La producción está concentrada en pocos productores de alta especialización y desarrollo, en su mayoría empresarial explicado por las altas inversiones que requiere el cultivo y el riesgo económico que conlleva (tamaño mayor a 100 hectáreas cada uno) (Casares, 2021). Aunque al momento del Censo General Agropecuario de 2011, el número total de productores de papa ronda los 467 (MGAP. DIEA, 2011), 84 productores son los encuestados anualmente (mayor a 6 ha), y solo 8 productores explicaron el 45% del área total en la zafra 2020/21, caracterizando una producción muy concentrada en área y volumen de producción (MGAP. DIEA, 2021).

La progresiva especialización en los últimos años en conjunto con nuevos materiales genéticos utilizados (Aldabe Dini et al., 2001) y la generalización del uso de riego en el cultivo (Samuelle, 2019), ha generado que los cultivos aumenten su rendimiento, aunque se puede observar un rango de rendimientos.

### **2.2 ZONIFICACIÓN Y ESTACIONES DE CRECIMIENTO EN URUGUAY**

En el país, la producción de papa se concentra en tres zonas: Sur (representa el 90% del área y la producción), este (9%) y norte (1%) (MGAP. DIEA, 2021). La zona sur incluye los departamentos de Canelones y San José, la este comprende a Rocha y Maldonado mientras que la zona norte, los departamentos con producción de papa son Tacuarembó y Salto (Aldabe Dini

et al., 2001). Cada zona tiene características particulares que hacen que los ciclos se ajusten a sus condiciones.

El cultivo se realiza en dos estaciones de crecimiento principales de producción, abarcando mayormente la primavera y el otoño debido en el verano las altas temperaturas dificultan el crecimiento de los tubérculos, y en el invierno el frío y la ocurrencia de heladas detiene el crecimiento y mata al cultivo (Aldabe Dini et al., 2001).

El ciclo de otoño se siembra en verano. Las fechas de siembra y cosecha están determinadas por las altas temperaturas al comienzo del ciclo y las primeras heladas que establecen el final del ciclo. Las siembras tanto en la producción del norte como la del sur son realizadas a fines de enero y durante todo febrero; mientras que en el Este la siembra se adelanta a diciembre y parte de enero (Aldabe Dini et al., 2001). El cultivo de primavera ocurre a la inversa, se instala al final del invierno, posterior a las últimas heladas y el fin de ciclo está determinado por las altas temperaturas del verano. Cada estación está asociada a particularidades en cuanto a los orígenes de las semillas (se desarrollará en el apartado 2.6) (Aldabe Dini et al., 2001).

La producción en la estación otoño tiene como objetivo abastecer al mercado durante el invierno dado que la cosecha se suele conservar por las bajas temperaturas ambientales, permitiendo el abastecimiento durante un largo periodo del año.

En la producción de primavera, la conservación a campo es nula dada las altas temperaturas. Por lo cual se tiene como objetivo el abastecimiento en primor con papa procedente de la zona Norte principalmente debido a siembras tempranas en julio y agosto. Si bien la zona sur puede abastecer como primor, principalmente lo hace con papa de estación y la zona este surte en el verano debido a siembras más retrasadas en octubre y diciembre (Aldabe Dini et al., 2001).

### **2.3 ANATOMÍA Y MORFOLOGÍA DE LA PLANTA**

La planta de papa es considerada perenne, pero en términos productivos en las condiciones de Uruguay tiene comportamiento anual. Su fruto es de tipo baya (Graziano, 2011).

Por encima del suelo se ubican los tallos, hojas, inflorescencia y frutos. La inflorescencia se origina de la yema apical del tallo. Formada la inflorescencia comienzan a dominar las yemas axilares dando lugar a ramificaciones. Un mayor número de ramificaciones permite la formación de más hojas, siendo mayor la fuente y por ende mayor duración del área foliar (Inostroza et al., 2009).

Mientras que por debajo del suelo se encuentran los estolones, tubérculos y raíces. Los estolones son tallos laterales subterráneos que mediante el engrosamiento del extremo terminal se forman los tubérculos los cuales tienen entrenudos cortos. El engrosamiento permite almacenar reservas. Las raíces son del tipo adventicias, encargadas de absorber agua y nutrientes y ser el sostén de la planta (Inostroza et al., 2009).

## **2.4 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO**

El desarrollo de la planta de papa puede ser dividida en cinco etapas: brotación, crecimiento vegetativo, iniciación de la tuberización, llenado del tubérculo, y maduración del tubérculo (Christensen et al., 2019).

Por otro lado, el ciclo del cultivo de papa puede dividirse según la partición de asimilados en tres etapas:

La primera transcurre desde la siembra hasta el inicio de la tuberización (correspondiente a las etapas de brotación y crecimiento vegetativo). Los asimilados provenientes del tubérculo-semilla (el sembrado) son distribuidos hacia las hojas, tallos y raíces, hasta que es autosuficiente (Christensen et al., 2019). Hacia la finalización de la etapa, parte de los asimilados son destinados al crecimiento inicial de los estolones.

La segunda etapa comprende desde el inicio de la tuberización hasta el momento donde finaliza el crecimiento del follaje (corresponde a las etapas de inicio de la tuberización y el inicio del llenado de los tubérculos). Los asimilados producidos son destinados al crecimiento del área foliar, los tubérculos y los estolones. Mientras mayor sea el número de tubérculos, mayor será la fuerza de fosa por lo cual a medida que avanza dicha etapa y hay un mayor número de tubérculos, mayor serán los asimilados destinados a estos en desmedro del crecimiento de nuevas hojas y ramas, lo que provocará la finalización del crecimiento del follaje (Christensen et al., 2019).

Por último, la etapa 3 está comprendida entre el fin del crecimiento del follaje y el fin del crecimiento del cultivo (correspondiente a parte de la etapa de llenado de los tubérculos y a la maduración de los mismos). Cuando el crecimiento del follaje cesa, todos los asimilados producidos son destinados al crecimiento y maduración de los tubérculos hasta que el follaje senesce. Esta es la etapa de mayor tasa de crecimiento de los tubérculos (Christensen et al., 2019).

La duración del ciclo del cultivo depende del cultivar, las condiciones de crecimiento y el manejo realizado, variando entre 90 a 140 días en nuestro país.

## **2.5 CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBÉRCULOS-SEMILLA**

Cotidianamente se le llama “semilla” a los tubérculos utilizados para propagar el cultivo. En el presente trabajo para una mayor claridad en los conceptos utilizados se le llamará tubérculo-semilla. Mientras que se nombran tubérculos a los obtenidos en la cosecha con destino a consumo.

Los tubérculos-semillas deben cumplir con normas de calidad genética, sanitaria y fisiológica. La calidad genética procura asegurar que los tubérculos utilizados son de la variedad y clon deseado. La calidad sanitaria busca mantener los lotes de tubérculo-semilla libres de los principales agentes patogénicos que afectan al cultivo. La calidad fisiológica se define como la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas (Farrás, 2018).

### **2.5.1 Estado fisiológico de los tubérculos-semilla**

La edad fisiológica refiere al proceso de desarrollo de los brotes, el cual depende tanto de la edad cronológica de los tubérculos como de las condiciones ambientales de crecimiento y de almacenamiento (Farrás, 2018).

Los tubérculos presentan diferentes estados de brotación: dormido (no han comenzado a brotar), dominancia apical (semilla joven), brotación múltiple y estado senil (tubérculos viejos) (Beukema y Van der Zaag, 1990, Aldabe Dini et al., 2001).

El estado de brotación a la siembra tiene fuerte impacto en el rendimiento (Beukema y Van der Zaag, 1990, Aldabe Dini et al., 2001). Si los tubérculos aún no han brotado, la emergencia se retrasará acortando el ciclo y disminuyendo el rendimiento. En brotación apical el rendimiento esperado es bajo debido a una baja precocidad. Si el cultivo parte de tubérculos en brotación múltiple el rendimiento en ciclos cortos se espera que sea alto mientras que, en ciclo largo el rendimiento será aún mayor (Aldabe Dini et al., 2001).

Por lo mencionado, se ve la importancia del estado fisiológico al momento de la siembra, debido a su impacto en el rendimiento potencial del cultivo (Beukema y Van der Zaag, 1990, Aldabe Dini et al., 2001).

### **2.5.2 Sanidad del tubérculo-semilla**

El cultivo de papa es susceptible a patógenos y agentes que ocasionan el desarrollo de enfermedades las cuales disminuyen o afectan el rendimiento; además el grado de afectación depende de la variedad y/o cultivar de la especie en cuestión.

Dado que el cultivo se propaga clonalmente, es sustancial conocer cuales patógenos o agentes biológicos se pueden transmitir por medio de tubérculo-semilla que ocasionan enfermedades en los siguientes ciclos

productivos del cultivo. En el cultivo de papa los principales problemas sanitarios están relacionados a la incidencia de virosis y enfermedades causadas por hongos. Las plagas no suelen generar daño económico por su incidencia directa, pero sí son relevantes debido a que son vector de enfermedades (Aldabe Dini et al., 2001).

Existen dos tipos de infecciones: primaria y secundaria. La primaria ocurre cuando el inóculo que ocasiona la infección es externo al cultivo instalado y proviene de estructuras de sobrevivencia que los dispersan. En las infecciones secundarias la fuente de inóculo se desarrolla en las lesiones de la infección primaria, provocando ciclos secundarios de la enfermedad y dispersando la enfermedad en el cultivo (Agueda, 2010).

### **2.5.2.1 Virus y plagas-vector**

Los virus se transmiten por los tubérculos-semilla, al traspasarse gran cantidad de células somáticas de una generación a otra (Aldabe Dini et al., 2001). Dada la capacidad de transmisión por medio de tubérculo-semilla y su efecto sobre el rendimiento, se destacan a nivel nacional el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV, potato leafroll virus) y el virus Y causante de mosaicos (PVY, potato virus Y). El virus mosaico de la alfalfa (AMV) es de menor importancia y menos frecuente (Aldabe Dini et al., 2001).

El efecto de la virosis sobre el rendimiento depende de varios aspectos: la cepa/variante/patotipo del virus que está relacionado con la severidad, el momento de infección -relacionado al número potencial de generaciones que puede haber durante el ciclo-, y la sensibilidad del cultivar. Las condiciones climáticas durante la estación de crecimiento, fertilidad del suelo y otras infecciones ocasionadas por otros patógenos pueden favorecer el desarrollo de la enfermedad (Aldabe Dini et al., 2001).

En el cultivo, la transmisión del virus por pulgones es la más importante, existiendo dos tipos de acuerdo a la relación del virus con el vector (pulgón): persistente y no persistente. La otra forma de transmisión de virus durante el cultivo es por medio de contacto entre plantas o por medio de humanos/herramientas/animales que funcionan como medio de transporte para la transmisión entre plantas (Agrios, 2007).

Enfermedad: enrollamiento de la hoja de papa (causada por el virus PLVR)

El virus PLVR, si bien solo afecta al cultivo de la papa, está generalizado en el mundo y ocasiona grandes pérdidas de rendimiento. La transmisión ocurre por medio de vectores, siendo los más eficientes los pulgones (*Myzus persicae*), transmitiéndolo en forma persistente (Agrios, 2007).

Las fuentes de infección más comunes son cultivos cercanos y plantas espontáneas que estén infectadas por dicho virus y en menor medida por medio de tubérculos-semilla. Los síntomas clásicos que permiten su identificación se centran en el ápice de la planta donde los folíolos se enrollan hacia dentro siendo más marcado en la base de la hoja, posteriormente las hojas se tornan de color amarillo pálido y también pueden generar enanismo (Agrios, 2007).

Enfermedad: mosaico rugoso (causada por el virus PVY)

El virus PVY, también conocido como virus Y de la papa tiene gran facilidad para transmitirse, lo que lo hace uno de los más importantes en el cultivo, con altos niveles de incidencia y provocando importantes pérdidas (Agrios, 2007).

Los síntomas característicos dependen de la variedad del virus (y de la combinación de éste con otros virus): desde moteado moderado en hoja hasta grandes lesiones necróticas en menor medida. Se trata de un virus endémico que presenta diferentes variantes con síntomas característicos. La transmisión ocurre por medio de pulgones de forma no persistente (Agrios, 2007).

Enfermedad: mosaico de la alfalfa (causada por el virus AMV)

Esta enfermedad, causada por el virus AMV, genera síntomas característicos, siendo un moteado amarillado a verde pálido desarrollado entre las nervaduras de los folíolos acompañado de enanismo de la planta (SINAVIMO, 2020).

La transmisión ocurre generalmente por medio de pulgones de forma no persistente (SINAVIMO, 2020), pero no por medio de tubérculo-semilla.

El virus AMV no afectaría en grado importante el rendimiento, pero en combinación con PVY aumenta el daño de este último.

### **2.5.2.2 Hongos**

Otro de los grupos de agentes patogénicos que pueden ser transmitidos por medio de los tubérculos-semillas son los hongos. Los mismos se pueden clasificar en dos grupos: de suelo y foliares. Los principales hongos de suelo que afectan el cultivo son: *Fusarium sp.*, *Verticillium sp.*, *Rhizoctonia solani* causantes de marchitamientos, podredumbres secas y sarnas. Mientras que los principales hongos que afectan el follaje son *Alternaria solani* y *Phytophthora infestans* causantes de tizones, el último es el que genera mayores daños en el cultivo (Aldabe Dini et al., 2001).

Enfermedad: tizón tardío de la papa

Es causada por el patógeno *Phytophthora infestans*. Es la enfermedad más severa y dada la rapidez de multiplicación, de no controlarse puede acabar totalmente con el cultivo en pocos días (Agrios, 2007).

Las condiciones predisponentes para el desarrollo de la enfermedad son: alta humedad relativa (Agrios, 2007), con agua libre sobre el follaje (precipitaciones o rocíos fuertes), temperaturas de 15 - 20 °C, plantas con abundante follaje (Méndez y Gaete, 2009). Pese a esto, el patógeno puede mantenerse latente en planta en un rango amplio de temperatura, que va desde 0 a 28 °C aproximadamente (Beukema y Van der Zaag, 1990, Acuña y Bravo, 2019).

Los síntomas comienzan siendo manchas húmedas comúnmente en los bordes de las hojas inferiores, con el tiempo se vuelven color café y atizonadas, necrosando el tejido afectado. Conforme avanza el desarrollo de la enfermedad afecta todos los órganos aéreos generando que se marchiten y pudran (Agrios, 2007). También se ven afectados los tubérculos, los síntomas externos son manchas deprimidas irregulares de color pardo, al corte la mancha se corresponde con pulpa afectada, manchas de apariencia húmeda, con el tiempo las zonas con síntomas se tornan firmes (Acuña y Bravo, 2019).

Las fuentes de inóculo posibles son: tubérculos-semillas infectados, tubérculos descartados, cultivos cercanos infectados, plantas "guachas" huéspedes infectadas (Acuña y Bravo, 2019).

### **2.5.3 Tamaño de los tubérculos-semilla**

El tamaño de tubérculo-semilla utilizado tiene una gran influencia en la siembra, inicio del cultivo; tanto en el número de tallos principales por planta y en el costo de producción; como en el rendimiento (Montesdeoca, 2005). El tamaño deseado para la siembra es de 40 - 80 gramos por tubérculo (INASE, 2007).

El uso de tubérculo-semilla de menores tamaños, es decir, minitubérculos (3-15g) implica que las reservas son más limitadas, ocasionando un crecimiento inicial más lento y con menor vigor. En cuanto al número de tallos/planta, los minitubérculos producen menos que tubérculos semilla de tamaño convencional (40 a 120g) generando una menor producción total, aunque a un mayor tamaño del minitubérculo utilizado la producción aumenta (Adames, 1999).

## **2.6 ORIGEN DE LA “SEMILLA” EN CADA ÉPOCA Y SU RELACIÓN CON LA EDAD FISIOLÓGICA**

Teniendo en cuenta que los tubérculos tienen un período de dormición poscosecha, genera la imposibilidad para casi todas las variedades de levantar la dormición inmediato a cosecha. Los tubérculo-semilla deben tener un adecuado estado de brotación para la siembra (Vilaró, 2008). Debido a esto y de acuerdo a las estaciones de crecimiento presentadas para el país, hay diferencias en el origen de los tubérculos-semilla utilizados en cada estación de crecimiento (Aldabe Dini et al., 2001).

### **2.6.1 Ciclo de otoño**

En la estación de otoño se utiliza una importante proporción de semilla importada (4038 toneladas, 23% del área en 2021) (INASE, 2021), producidas a contraestación en el Hemisferio Norte (principales países: 38% Holanda, 36% Francia, 20% Canadá). La semilla utilizada en otoño importada desde el Hemisferio Norte, presenta dormición media a larga, de 12 a 15 semanas (Colnago et al., 2019, Vilaró, 2008), por lo que desde la cosecha en el hemisferio norte hasta la siembra en el país deben pasar 3-4 meses para alcanzar el inicio de la brotación (Vilaró, 2008). Estos tubérculos-semilla tienen una edad fisiológica demasiado joven, lo cual limita la tasa de multiplicación inicial (Vilaró, 2008). Las variedades importadas están mejor adaptadas al ciclo de otoño con clima fresco (Colnago et al., 2019).

El otro origen para la siembra de otoño es utilizar la semilla producida del ciclo anterior de otoño, conservadas en cámaras frigoríficas a 2-4°C durante 6 meses aproximadamente, hasta el verano siguiente (Vilaró, 2008) el estado de brotación estará definido por el tiempo comprendido desde que son retirados de la cámara frigorífica y la fecha de siembra.

Otra alternativa posible es la cosecha temprana del cultivo de primavera con variedades nacionales de dormición corta de 9 – 10 semanas, aunque es lo menos frecuente (Colnago et al., 2019) los cuales serían tubérculos-semilla jóvenes, comenzado a brotar.

### **2.6.2 Ciclo de primavera**

Para las siembras de primavera (ciclo de primavera) se pueden utilizar como tubérculo-semilla tubérculos cosechados en el otoño anterior dado a que hay suficiente tiempo entre la cosecha de otoño y la siembra en primavera (3-4 meses) para que los tubérculos superen la dormición, siendo este el tipo de semilla más utilizado en el ciclo. La cosecha del cultivo de otoño que se utiliza en las siembras de primavera, tiene una condición fisiológica similar que

la importada en otoño: recién comienza a levantar su dormición y por lo tanto es fisiológicamente joven.

Otra posibilidad es utilizar los tubérculos cosechados en la primavera anterior, las cuales deben ser almacenadas en cámara de frío (Aldabe Dini et al., 2001).

Los tubérculos de variedades nacionales (Daymán, Guaviyú y Arequita) cosechados del ciclo de otoño (fines de mayo – principios de junio) se almacenan en galpón, sin refrigeración. Su dormición más corta permite siembras tempranas en primavera, los cuales siendo cosechados a fines de noviembre – comienzo de diciembre alcanzan un nivel de brotación adecuado para nuevamente ser sembrados en el ciclo de otoño, cabe destacar que Arequita presenta una dormancia 20 días aproximadamente más larga que las otras dos variedades mencionadas.

Esto posibilita realizar 4 ciclos en 2 años a partir de un material semilla, a diferencia de la utilización de tubérculo-semilla importados que solo permiten 2 ciclos en 2 años. Este esquema de multiplicación utilizando variedades de dormición corta, acelera la multiplicación anual (Colnago et al., 2019).

## **2.7 MATERIALES GENÉTICOS UTILIZADOS EN EL PAÍS**

El mercado nacional se caracteriza por su preferencia de papa de piel rosada y una muy baja demanda de papa de piel blanca. Esto se plasma en el consumo, donde el 75% de la papa consumida es de piel rosada (González et al., 2019).

El material genético es mayormente de origen importado. Las variedades importadas provienen de América del norte (Canadá; Estados Unidos) y en la última década, también de países europeos como Francia y Holanda (cuadro N° 1). En la última década INIA ha liberado tres variedades: INIA Arequita, INIA Guaviyú e INIA Daymán.

Actualmente hay una disminución del uso de Chieftain y una mayor diversificación en las variedades y el área que ocupa cada una (Cuadros 1, 2 y 3) (MGAP. DIEA, 2021). Estimaciones en 2022, indican un aumento de la participación de variedades nacionales (25% en primavera y 10 % en otoño).

Cuadro N° 1. Principales variedades utilizadas en el país, período 2003-2021

Ciclo	Otoño								Primavera							
	Año (20..)	03	07	10	12	15	18	20	21	03/04	06/07	09/10	11/12	14/15	17/18	20/21
Variedad	% sobre total de la plantación								% sobre total de la plantación							
Chieftain	75	72	89	72	46	30	24	23	50	72	76	56	46	33	25	
Red Magic	-	-	-	9	24	25	29	20	-	-	-	8	24	20	26	
Rudolph	-	-	-	-	8	15	17	20	-	-	-	-	8	-	5	
Otras	3,5	0,9	2,2	0,7	4	10	3	1								
Red Pontiac	3,6	13	1,1	1,7	-	-	-	-	14	12	7	14	-	9	-	
Norland	3,5	5,7	1,5	1,9	-	-	-	-	11	5	-	6	-	8	-	
INIA Iporá	-	4,3	2,2	1,1	-	-	-	-	6	4	3,6	-	-	-	-	
Flamenco	-	-	-	-	-	-	-	5								
Arequita	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	3	9	
Kennebee	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	

**Fuente:** elaborado en base a MGAP. DIEA (2003, 2004, 2007a, 2007b, 2010a, 2010b, 2012, 2013, 2016, 2018a, 2018b, 2020a, 2020b, 2021).

Cuadro N° 2. Superficie sembrada y rendimiento según variedad en primavera 2020/2021.

Primavera 2020/2021				
Variedad	Superficie sembrada		Producción	Rendimiento
	ha	%		
Total	1372	100	34104	24,9
Red Magic	354	26	8967	25,3
Chieftain	336	25	7487	22,3
Arequita	124	9	3671	29,7
Zinared	84	6	2140	25,5

**Fuente:** adaptado de MGAP. DIEA (2020b).

Cuadro N° 3. Superficie sembrada según variedad en otoño 2021.

Otoño 2021		
Variedad	Superficie sembrada	
	ha	%
Total	2434	100
Chieftain	572	23
Red Magic	496	20
Rudolph	478	20
Arequita	46	1

**Fuente:** adaptado de MGAP. DIEA (2021).

### 2.7.1 Características de la variedad INIA Arequita

La variedad Arequita fue liberada en 2013 y presenta buena adaptación a las condiciones de producción local, en ambas estaciones de crecimiento (González y Giménez, 2017). Siendo la principal variedad nacional en adopción.

Dentro de las características productivas, se destaca su buen comportamiento frente a los principales virus que afectan la papa, siendo

inmune a PVY y tolerante a PLRV. No obstante, presenta alta susceptibilidad a *Phytophthora infestans* (Cuadro N° 4) (González y Giménez, 2017).

Dadas estas características sanitarias, puede ser multiplicado por el productor en mayor cantidad de generaciones, lo cual reduce significativamente el costo de la semilla. Adicionalmente el costo de la semilla de variedades nacionales es menor que la mayoría de las variedades importadas (González y Giménez, 2017).

### 2.7.2 Comparación de materiales genéticos utilizados en el país

Tanto las variedades importadas como nacionales, presentan un largo de ciclo que ronda entre los 90 y 120 días, teniendo en cuenta el ambiente donde se siembra y estación de crecimiento (Cuadro N° 4).

En cuanto al comportamiento frente al principal hongo (*Phytophthora infestans*), si bien todas las variedades son susceptibles, se ha reportado menor nivel de severidad en Guaviyú en ensayos comparativos (Colnago et al., 2019), dicha variedad tiene mayor nivel de adopción relativo en predios de menor especialización u orgánicos.

Todas las variedades nacionales son inmunes a Virus Y y tienen comportamiento variable frente a PLRV (Colnago et al., 2019). Esto supone una ventaja frente a los materiales importados.

Cuadro N° 4. Comparación de las principales características de las variedades nacionales y las variedades extranjeras más plantadas.

Característica	Chieftain	Red Magic	Rudolph	Arequita	Guaviyú	Daymán
Origen	Canadá	Francia	Inglaterra	Uruguay	Uruguay	Uruguay
Piel/pulpa	Rosada/blanca	Roja/blanca	Roja/blanca	Rosada/crema	Crema/crema	Rosada/blanca
Aptitud de uso	Hervir	Hervir-horno	Hervir-horno	Hervir	Múltiple	Hervir-horno
Tuberización	Media - alta	Media	Media	Media	Media - alta	Alta
Duración ciclo (días)	110	90-100	110	120	110 - 120	100-110
Productividad	Alta	Media	Media-alta	Alta	Media - alta	Media
Dormancia (días)	90	80	90	80	60	60
Resistencia a virus	Susceptible	PVY	PVY	PVY	PVY - PLVR	PVY
Tizón tardío	Susceptible	Tolerante	Susceptible	Susceptible	Tolerante	Susceptible
Tizón temprano	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Tolerante	Tolerante	Susceptible
Sequía	Susceptible	Tolerante	Susceptible	Tolerante	Tolerante	Susceptible

Fuente: elaborado en base a INASE (s.f.) y González y Giménez (2017).

## 2.8 PRODUCCIÓN DE TUBÉRCULO-SEMILLA

La producción del material de propagación del cultivo tiene dos etapas sin importar el tipo de sistema de producción (hidroponía, convencional, aeroponía). Estas son: obtención de material sano (saneamiento del material) y multiplicación del material manteniéndolo sano (Figura N° 1) (Aldabe Dini et al., 2001).

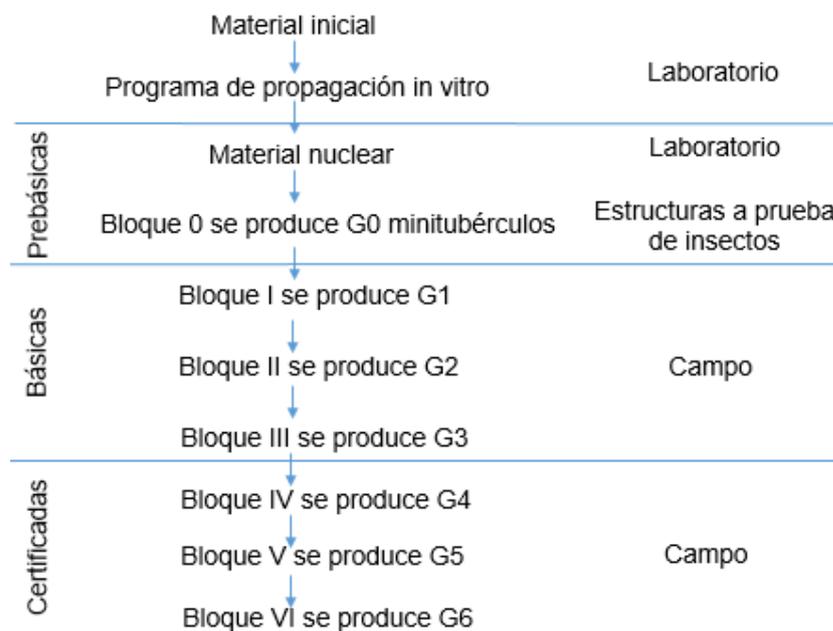


Figura N° 1. Esquema de multiplicación y certificación de papa-semilla.

**Fuente:** adaptado de INASE (s.f.).

## 2.9 Producción de plantines a partir de esquejes

Una de las técnicas para la obtención de material saneado de calidad es la producción de plantines a partir de esquejes (en la figura N° 1, es el paso denominado “programa de propagación in vitro” a “material nuclear”).

La producción de plantines a partir de esquejes, es un método rápido por medio de reproducción vegetativa para obtener un número elevado de plantas (Sotomayor y Méndez, 2009). Posteriormente éstas servirán para multiplicar el volumen de tubérculos-semillas (Aldabe Dini et al., 2001).

Dado que los meristemos son los puntos de crecimiento activos que se localizan en el ápice de una planta, se parte de ellos para esta técnica donde, son saneados de enfermedades y además, mediante la técnica de termoterapia es posible eliminar virus. Estas plántulas seleccionadas se convertirán en plantas madre mediante producción in vitro. Una vez

desarrollada la planta, se cortan esquejes los cuales deben contener al menos una hoja y una yema o nudo (Aldabe Dini et al., 2001)

Existen tres técnicas distintas de extracción de esquejes a partir de la planta madre los cuales se pueden distinguir como: esquejes de tallo lateral, de tallo juvenil o de tallo adulto (Chuquillanqui, 2017).

Luego de obtener los esquejes cualquiera sea la técnica llevada a cabo, se les aplica un enraizante en la base y se plantan en el sustrato deseado (Sotomayor y Méndez, 2009). En la figura 2 se presenta un esquema del proceso de multiplicación in vitro, donde partiendo de una planta madre en sucesivos ciclos (en este caso 3) se obtienen un mayor número de plantines.

Los esquejes obtenidos son puestos en un medio de cultivo específico para su crecimiento bajo las siguientes condiciones: temperatura entre 20 y 23°C, 16 horas de fotoperíodo e intensidad lumínica de 3000 lux con el fin de que se desarrolle la yema axilar en una planta en un periodo de 15 - 20 días dependiendo de la variedad que se trate (Aldabe Dini et al., 2001).

Mediante este proceso se logra una tasa de multiplicación de 3 a 6 en cada fase de multiplicación. Este proceso se repite de forma sucesiva para lograr un elevado número de plantines en un corto periodo de tiempo (Aldabe Dini et al., 2001).

Previo al trasplante definitivo para la producción de minitubérculos o producción a campo, los plantines deben pasar por un periodo de aclimatación antes de trasplantarlas a macetas/almacigueras/canteros bajo condiciones de invernáculo (Aldabe Dini et al., 2001).

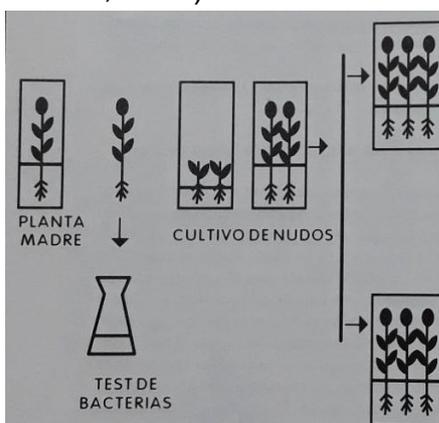


Figura N° 2. Esquema de multiplicación in vitro

**Fuente:** tomado de Aldabe Dini et al. (2001).

## 2.10 PRODUCCIÓN CONVENCIONAL DE TUBÉRCULO-SEMILLA

La segunda parte del “esquema de multiplicación y certificación de papa-semilla” como se menciona es la multiplicación del material saneado. La

forma tradicional de multiplicar semilla se caracteriza por la cantidad de generaciones que conlleva el proceso hasta alcanzar un volumen aceptable para comercializar, lo que determina que sea costoso. Esto se debe a que, se requieren 2,65 Mg de tubérculo-semilla (primavera 2021) para sembrar una hectárea teniendo en cuenta que la tasa de multiplicación tiene una relación promedio de 1:10 (MGAP. DIEA, 2020b).

Este proceso es regulado y fiscalizado por el Instituto Nacional de Semillas (INASE). La certificación ocurre dentro del Programa Nacional de Certificación de Papa Semilla, el cual tiene por objetivo aumentar el número de multiplicaciones manteniendo el potencial productivo del cultivar. El INASE se encarga de la certificación de la papa-semilla, para lo cual existen estándares específicos que deben cumplirse además de seguir un estricto esquema de multiplicación (figura N° 1).

Debido a que, por lo general la multiplicación ocurre en condiciones desfavorables, esto conduce a una degeneración de su calidad original, lo que compromete el uso como material de propagación dada la alta incidencia de enfermedades causadas por patógenos y virus que son transmitidos por tubérculo-semilla. Esto provoca que a mayor número de ciclos realizados mayor será la disminución del rendimiento (Aldabe Dini et al., 2001).

### **2.10.1 Condiciones de producción**

Existen ciertas condiciones de producción que son desfavorables para la multiplicación de los tubérculos-semilla, tales como: baja tasa de multiplicación, degeneración del material genético, presencia de áfidos (pulgon), altos costos de producción.

La mayor parte de la oferta son variedades importadas que presentan largos periodos de dormición (3 - 4 meses), que permiten un solo ciclo anual. Las variedades ofertadas del exterior están protegidas por las empresas obtentoras, lo que restringe su multiplicación local (Colnago et al., 2019). Esto genera que se utilicen tubérculos muy jóvenes o guardados en frío, para lo cual es necesario infraestructura para mantenerlas hasta el próximo año.

Los costos de producción del cultivo de papa son elevados, estimados en 9000 dólares/ha (Millán et al., 2021) de los cuales un tercio lo representan los tubérculos-semilla (Vilaró, 2008).

Otro de los aspectos que genera condiciones desfavorables, es la baja tasa de multiplicación del cultivo, en torno a 1:10 (Aldabe Dini et al., 2001). En el esquema de multiplicación tradicional, con tubérculos-semilla producidos en el hemisferio norte, se deben realizar sucesivos ciclos, y con un ciclo anual, tomando varios años hasta alcanzar volúmenes comerciales de tubérculo-semilla (Colnago et al., 2019).

A la baja tasa de multiplicación, se suma la alta tasa de degeneración, dificultando el abastecimiento y requiriendo una renovación rápida del material (Colnago et al., 2019)

En cuanto al estado fitosanitario de los tubérculos-semilla, existe riesgo de introducción de nuevos patógenos o razas de éstos al utilizarse material importado. Además, parte de los patógenos que afectan el cultivo, su diseminación se realiza mediante insectos vectores presentes durante ambos ciclos (Colnago et al., 2019). En Uruguay hay dificultades para lograr realizar semilleros de forma aislada, particularmente en predios familiares debido a la baja escala y proximidad de otros predios. Lo mencionado genera que el recambio de semilla deba ser frecuente aumentando más los costos.

## **2.11 MÉTODOS DE MULTIPLICACIÓN DE SEMILLA “NO TRADICIONALES”**

Vistos los inconvenientes y costos que implica el método tradicional surgen alternativas, con el fin de diversificar la propagación del cultivo mejorando la sanidad del mismo, disminuir costos y disminuyendo la dependencia de la compra de los materiales de propagación por parte de los productores. Estas formas buscan caminos alternativos para la producción de semilla básica de mejor calidad tanto sanitaria como fisiológica, y disminuyendo los costos como principal objetivo (Aldabe Dini et al., 2001).

Estas alternativas buscan aprovechar el conocimiento generado en obtención de plantines a partir de esquejes, como forma de aumentar el volumen de material inicial saneado de calidad, y proveer de tubérculos-semilla básica para uso propio. Se requiere investigar para ajustar estas técnicas para su adopción por parte de productores familiares, así como evaluar la tasa de multiplicación y el comportamiento del cultivo partiendo de un material vegetal distinto al tubérculo semilla de 40 a 80 gr tradicional. Estas técnicas se conocen y actualmente están siendo investigadas para su adaptación a las condiciones locales de producción<sup>1</sup>.

En los siguientes apartados se describe y compara cada método de multiplicación.

### **2.11.1 Producción de minitubérculos sin sustrato**

Dada la baja tasa de multiplicación que presentan los sistemas de producción tradicionales sobre sustrato, en las últimas décadas se ha desarrollado la producción de minitubérculos en sistemas de hidroponía e aeroponía.

---

<sup>1</sup> Colnago, P. 2022. Com. personal.

En el sistema hidropónico, las plantas (sistema radicular) crecen en una solución nutritiva líquida. En cambio, el sistema aeropónico permite el crecimiento de las plantas en el aire sobre mesas (Otazú y Chuquillanqui, 2007).

#### **2.11.1.1 Producción de minitubérculos en aeroponía**

La producción de semilla prebásica de papa en un sistema de aeroponía consiste en colocar el material deseado en mesas de donde el sistema radicular queda por debajo de las mismas, las cuales no deben recibir luz y la nutrición del mismo se realiza por medio de la nebulización de los nutrientes (Otazú, 2010).

Los sistemas aeropónicos no utilizan suelo, se logran mayores rendimientos (hasta 10 veces más), lo cual diluye en mayor medida los costos comparados con los mecanismos tradicionales de multiplicación a campo (Otazú, 2010). Por medio de la producción convencional en suelo, el potencial alcanza los 5 - 10 minitubérculos por planta mientras que, en aeroponía, ensayos realizados en el Centro Internacional de la Papa en Lima, Perú se pueden alcanzar los 100 minitubérculos por planta con materiales baratos (material genético Andígena), sencillos y técnicas replicables fácilmente en otras zonas (Otazú, 2010).

En Uruguay, un primer ensayo en aeroponía reportó una producción de 11,45 y 9,12 minitubérculos/pl a una densidad de 42 y 60 pl/m<sup>2</sup> respectivamente, en un periodo de 3 meses (mediados de marzo a mediados de junio, 2015). Los pesos de minitubérculos obtenidos con estas densidades fueron de 17, 16 y 14.7 g respectivamente (Martínez y Soust, 2018). La densidad, así como la frecuencia de cosecha es una variable a ajustar de acuerdo al tamaño de minitubérculo que se quiera obtener. Esto indica que, ajustando la densidad y el manejo, en nuestras condiciones la tasa de multiplicación en aeroponía puede ser aumentada.

La producción de papa en aeroponía tiene ciertas ventajas sobre la producción en métodos convencionales e hidroponía: reducción de costos, explotación más eficiente del espacio vertical en invernaderos y el balance humedad-aire en comparación a la hidroponía, lo cual produce un mayor desarrollo del follaje, las raíces y los tubérculos. Se ha reportado que esto permite extender el ciclo 1-2 meses (Otazú, 2010).

El principal destino de los minitubérculos es la multiplicación a campo pasando luego de una generación a ser semilla básica. Se deben realizar al menos dos ciclos para lograr volumen y un menor costo para comercializar (Ezeta, 2016). También, pueden ser sembrados directamente para obtener papa consumo pese a que, este camino conlleva más gasto debido a la necesidad de compra continua de minitubérculos.

### **2.11.2 TPS: semilla botánica de papa**

Una de las alternativas que surge es el uso de semilla verdadera de papa, conocida por su sigla en inglés como TPS (true potato seed), dicho mecanismo se basa en la utilización de semilla botánica como medio de propagación del cultivo (Simmonds, 1997).

Las TPS se obtienen por medio de reproducción sexual siendo el resultado del cruzamiento de parentales identificados, que dan lugar a una progenie conocida como F1 (nueva técnica para obtener TPS). Surge un híbrido que expresará vigor híbrido, lo cual por medio de la reproducción clonal no sucedería (Van Dijk et al., 2020).

Los plantines obtenidos a partir de semilla, pueden usarse para producir tubérculos-semilla en condiciones protegidas o para su trasplante a campo (Carputo et al., 1996). La propagación a partir de TPS podría adoptarse con cierta facilidad en productores familiares ya que es la forma de instalación habitual de varios cultivos hortícolas.

Sin embargo, la característica heterocigota determina que presente cierta diversidad genética lo que llevará a la segregación de caracteres en la población resultante. Comúnmente esta heterogeneidad no es deseada a nivel comercial. En este sentido, trabajos recientes proponen el uso de híbridos diploides TPS a partir de líneas puras autofecundadas. Algunos autores indican que esto podría tener impacto en el sistema de multiplicación y abastecimiento (Stokstad, 2019, Van Dijk et al., 2020).

Recientemente se evaluaron métodos de trasplante y cultivo de papa a partir de plantines procedentes de estos híbridos diploides TPS en climas templados, con resultados promisorios (Van Dijk et al., 2020). La producción mediante TPS se puede realizar con diferentes fines: producción de minitubérculos, tubérculos-semilla o papa consumo. La diferencia entre los distintos tipos de fines, radica en el ambiente de producción (protegido o a campo), y densidad (Figura n°3).

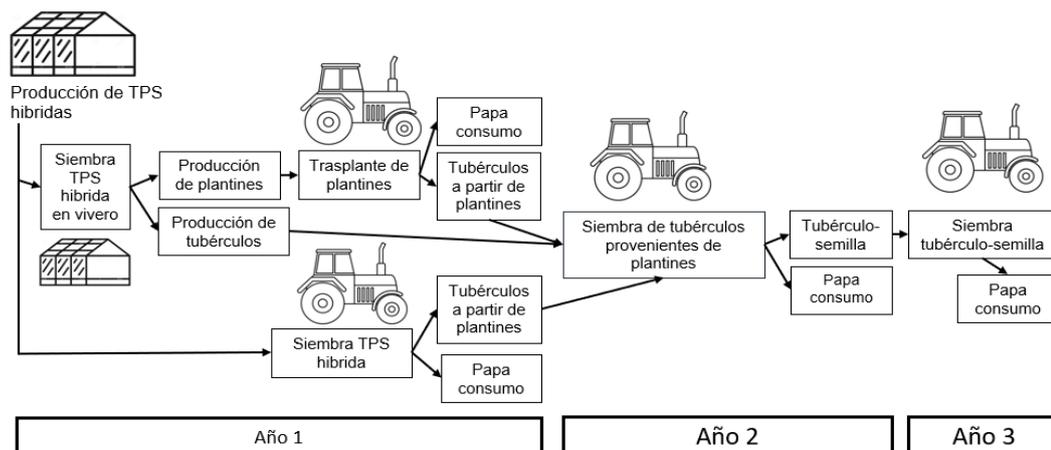


Figura N° 3. Vías de producción a partir de TPS.

**Fuente:** adaptado de Van Dijk et al. (2020).

Esta tecnología fue propuesta para producir material de plantación a bajo costo, para productores de pequeña escala (Almekinders et al., 2009, Muthoni et al., 2013). Este mecanismo de propagación presenta varias ventajas: volúmenes de semilla manejados sensiblemente menores, pasando de necesitar 2,65 toneladas de tubérculos-semilla a apenas 30 - 50 g/ha de TPS. También, el mayor grado de sanidad de las TPS permite obtener materiales libres de nemátodos, insectos, bacterias, hongos y una gran cantidad de virus (Graziano, 2011).

Las plantas obtenidas por este medio tienen raíz pivotante por lo cual normalmente el sistema radicular es adventicio. Esta raíz pivotante mejora la absorción de nutrientes y el anclaje de la planta (Van Dijk et al., 2020).

El tiempo necesario para obtener TPS frente a tubérculo-semilla es inferior, debido a que en un cruzamiento simple se obtiene semilla para sembrar con objetivo de papa consumo si se desea al año siguiente, mientras que, en tubérculo-semilla se necesitan de 3 a 5 generaciones. (Van Dijk et al., 2020).

En Uruguay, se debe reportar ensayos recientes utilizando TPS con resultados prometedores. En particular un ensayo llevado a cabo entre 2021 y 2022 donde se utilizaron como progenitores diferentes materiales del programa de mejoramiento genético de papa de INIA. Se produjeron plántulas a partir de TPS y estas fueron llevadas a macrotúneles donde fueron sembrados a alta densidad para cosechar minitubérculos. Estos, en un ciclo posterior, se sembraron para dar lugar a tubérculos comerciales. Los resultados muestran que este esquema de multiplicación es exitoso, generando volúmenes adecuados, de buena calidad y en los momentos previstos, siendo una buena propuesta para pequeños productores (González et al., 2022).

### 2.11.3 Comparación de los métodos de propagación

A modo de síntesis en el cuadro 5 se comparan los métodos de producción de material de propagación utilizando como base los apartados 2.10 y 2.11.

Cuadro N° 5. Comparación de métodos de producción de semilla básica

Características	Método tradicional	Minitubérculos (aerponía)	TPS
<b>Material utilizado</b>	Tubérculo-semilla	Tubérculo-semilla	Semilla botánica
<b>Método de propagación</b>	Asexual, clonal	Asexual. Esquejes y luego clonal	Sexual
<b>Tasa de multiplicación</b>	1:10 a 1:12 (Aldabe Dini et al., 2001)	1:9 a 1:11 (Martínez y Soust, 2018)	1:4000 a 1:8000 (Graziano, 2011)
<b>Volumen necesario de "semilla" para la siembra de 1ha</b>	2650 kg aprox. (Graziano, 2011)	600 - 700 kg de 10gr aprox.	30 - 50 gr aprox. (Graziano, 2011)
<b>Infraestructura necesaria (productor)</b>	Alta, almacenamiento y producción a campo	Media	Media, debido a que se deben realizar plantines para llevar a campo
<b>Rendimiento comercial</b>	20 - 25 Ton/ha (2018-2020, DIEA-MGAP)	6 - 39 Ton/ha (depende tamaño de mini y densidad de siembra) (van Dijk et al., 2020)	30.3 - 32.4 Ton/ha (hibrido diploide) (van Dijk et al., 2020)
<b>Requerimientos para la producción de semilla básica</b>	Material saneado, multiplicación en campos aislados o lejanos de cultivos de papa	Material saneado, cultivo de esquejes, invernáculos con sistema de aerponía	Campos aislados para cruzamiento simple manual, obtención de híbridos simple y la posterior cosecha
<b>Superficie necesaria para siembra de 1ha (densidad objetivo 40 mil plantas aprox)</b>	485 m <sup>2</sup> de campo (Aldabe Dini et al., 2001)	73 m <sup>2</sup> de invernáculo (obteniendo 9,12 mini/pl a 60pl/m <sup>2</sup> ) (Martínez y Soust, 2018)	73m <sup>2</sup> de invernáculo (van Dijk et al., 2020)

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL

El ensayo fue realizado en el Centro Regional Sur (CRS), estación experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. El CRS se ubica en el poblado Juanicó sobre el camino Folle en el departamento de Canelones, Uruguay, 34° 61' 63'' S 56° 22' 37'' W. El ensayo fue realizado en el periodo comprendido entre el 3 de marzo y el 22 de junio del año 2021.

#### 3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento consistió en la evaluación de un cultivo del cultivar INIA Arequita bajo tres tratamientos definidos por el material de instalación. Los tratamientos utilizados fueron: plantines producidos a partir de esquejes en laboratorio (T1), minitubérculos de 2,2 gramos de peso promedio (T2) y minitubérculos de 3,4 gramos promedio (T3). Los materiales genéticos fueron proporcionados por la empresa Rustika.uy.

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones, una por bloque. Como resultado se obtuvieron 12 unidades experimentales (UE) de 20 m<sup>2</sup>, y 60 plantas. El cultivo se sembró en canteros, separados (figura 4).

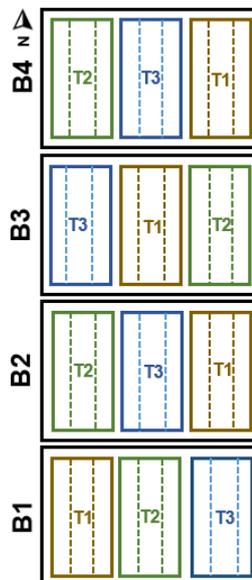


Figura N° 4. Esquema del diseño experimental, donde “B” son los bloques numerados del 1 al 4 y “T” los tratamientos del 1 al 3. Las líneas punteadas indican el sentido de los canteros.

### 3.3 TRATAMIENTO DE PLANTINES

La empresa Rustika.uy, produjo los plantines por medio de cultivo de esquejes a partir de plantas saneadas in vitro (Figura N° 5). La producción de los plantines en el laboratorio tuvo una duración aproximada de 4 semanas y luego pasaron por un periodo de aclimatación de 5 días (del 26/02/2021 al 02/03/2021) al aire libre bajo techo (alero de galpón) en el CRS antes de ser trasplantados a campo.

### 3.4 TRATAMIENTO A LOS MINITUBÉRCULOS

Los minitubérculos utilizados provinieron de la producción en aeroponía de la empresa Rustika.uy y se clasificaron según su peso en dos grupos: menores a 3 gramos y mayores o iguales a 3 gramos siendo el resultado los tratamientos 2 y 3 respectivamente (Figura N° 5).

Los minitubérculos de ambos tratamientos (T2 y T3) se humedecieron con una solución de Giberelina (GA3). Se utilizaron tabletas efervescentes, ACIGIB ® 12.5 Point para inducir y homogeneizar la brotación. Al momento del tratamiento los minitubérculos no habían comenzado a brotar. La concentración utilizada fue de 20 ppm. Se asperjó la solución sobre los minitubérculos y posteriormente se dejaron secar sobre papel absorbente.



Figura N° 5. Diagrama del proceso de producción de plantines, minitubérculos y la posterior multiplicación a campo. Flechas rojas indican los materiales utilizados como tratamientos.

**Fuente:** adaptado de Aldabe Dini et al. (2001).

### 3.5 INSTALACIÓN DEL ENSAYO

Historial del cuadro

El área donde se sembró tiene historial de uso de cultivos hortícolas; en 2019 se utilizó para la producción de cebolla la cual fue cosechada a comienzos del 2020, posteriormente se sembró avena y luego de su incorporación se dejó en barbecho hasta su preparación en febrero de 2021 para el presente ensayo.

Se realizó laboreo primario, comenzando con una pasada de cincel, luego una pasada de arado de discos y por último se prepararon los canteros utilizando encanteradora.

### Fertilización

La fertilización se realizó a la siembra, abriendo los canteros con azada. Se utilizó triple 16 (16-16-16), la dosis fue definida bajo el criterio de los requerimientos de absorción de nutrientes del cultivo para un rendimiento estimado de 20 toneladas por ha (Ciampitti y García, 2007).

### Instalación

La siembra se realizó manualmente el 3 de marzo de 2021. En el caso de T1 (trasplante) se intentó enterrar la mayor porción del tallo. En el caso de los tratamientos 2 y 3 los minitubérculos fueron colocados a una profundidad aproximada de 10 cm.

El marco de plantación fue 1.65 m entre canteros, y la distancia entre plantas en la fila fue de 0.2 m, resultando en una densidad de 30.300 plantines/minitubérculos por hectárea.

## **3.6 MANEJO CULTURAL**

### Eliminación de malezas

El control de malezas se realizó manualmente y con azadas a los 20 días después de plantación (DDP) (solo T1), 48 y 76 DDS en todos los tratamientos.

### Riego

El cultivo se realizó bajo riego buscando mantener uniformes las condiciones de humedad en el suelo. Se regó manualmente a la siembra y se colocó una cinta de goteo por cantero (goteros a 20 cm, caudal 1l/h) al día siguiente de la siembra. El criterio de riego fue según ETP y precipitaciones (Allen et al., 1996) y monitoreo diario.

### Aporque

En los surcos del tratamiento 1 se realizaron tres aporques manuales luego de la eliminación de las malezas a los 20, 48 y 76 DDS. En el caso de los tratamientos 2 y 3 dado que la emergencia ocurrió entre los 30 y 40 DDS solo se realizó un aporque a los 76 DDS luego de la eliminación de las malezas.

### Manejo fitosanitario

Se utilizó control químico para el manejo de enfermedades y plagas. Se aplicó un fungicida con principio activo compuesto -Propamocarb clorhidrato y Fluopicolide-. El primer principio activo tiene modo de acción

sistémico, preventivo y curativo utilizado para el control de Oomycete, mientras que el Fluopicolide siendo también sistémico tiene acción translaminar, teniendo efecto curativo, pero principalmente preventivo y antiesporulante (Modernel, 2009).

Además, se aplicó Cobre rojo, el principio activo es óxido cuproso el cual funciona como fungicida y como bactericida, su acción es mediante el ión Cu que desnaturaliza las proteínas del patógeno (Modernel, 2009).

Se utilizó un plaguicida cuyo principio activo es Carbaril, su acción es por medio de contacto e ingestión, su modo de acción es inhibiendo la colinesterasa (Modernel, 2009).

En todos los casos se utilizaron las dosis recomendadas en la etiqueta.

A los 34, 42 y 48 DDS se realizaron evaluaciones sanitarias sobre la severidad de la infección que sufrió el cultivo ocasionado por el patógeno *Phytophthora infestans*.

En el cuadro N° 6 se presenta un resumen del manejo realizado, a excepción del riego ya que se aplicaba en función de las condiciones del suelo y ambiente.

Cuadro N° 6. Cuadro resumen del manejo cultural realizado.

Fecha	DDS	Actividad
Febrero	-	Preparación de la tierra: cincel, arado y encanteradora
3-mar	0	Instalación y fertilización
23-mar	20	Muestreo, eliminación de malezas y aporque
6-abr	34	Muestreo y evaluación sanitaria
14-abr	42	Evaluación sanitaria
20-abr	48	Muestreo, eliminación de malezas, aporque y evaluación sanitaria
18-may	76	Muestreo, eliminación de malezas y aporque
22-jun	111	Cosecha

### 3.7 VARIABLES MEDIDAS

#### 3.7.1 Muestréos

Los muestreos fueron realizados en las fechas: 23 marzo, 6 de abril, 20 de abril, 18 de mayo y el 22 de junio siendo este último la cosecha.

En cada muestreo se tomaron dos plantas por parcela de forma aleatoria, en total ocho plantas por tratamiento.

#### 3.7.2 Medición de variables

Se cuantifico crecimiento y rendimiento. Se registró peso y número de cada órgano de las plantas con el fin de construir curvas de crecimiento de

cada órgano: porción subterránea del tallo y raíz, estolones, tubérculos, tallos y hojas. En el caso de la cosecha final, se cosechó toda la parcela registrando el número final de plantas por tratamiento por bloque.

Para rendimiento a cosecha se midió el número y peso de tubérculos y se clasificaron los mismos por tamaño (menos de 20 g, 20 a 40 g, 41 a 80 g y más de 80 g). Para obtener rendimiento por m<sup>2</sup>, conociendo el número final de plantas por UE, se dividió el rendimiento entre el número de plantas y luego se lo multiplico por tres, debido a que la densidad de siembra fue 3 plantas/m<sup>2</sup>. Se determinó también causa, número y peso de tubérculos de descarte.

En todos los casos se registró el peso fresco (PF) y posteriormente se colocaron las muestras a secar en estufa a 80°C por 48 horas para obtener el peso seco (PS).

Se utilizó una balanza digital (Ohaus, Scout Pro-4001, Alemania), capacidad 4000 g, sensibilidad 0,1 g.

Se realizaron tres evaluaciones sanitarias: a los 34, 41 y 47 DDS evaluando la evolución de la severidad de la enfermedad tizón tardío causado por *Phytophthora infestans*. Para la misma se monitoreó y se estimó visualmente el porcentaje de tejido afectado por *Phytophthora* en 5 plantas por cada tratamiento en cada bloque.

### 3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Dado el diseño de bloques utilizado, el modelo estadístico utilizado fue  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$  Donde  $Y_{ij}$  es la variable de respuesta siendo  $Y_{ij} =$  media poblacional + efecto relativo del i-esimo tratamiento + efecto relativo del j-esimo bloque + error experimental (residual).  $Y_{ij}$  es el valor de la variable de respuesta en cada parcela, y los efectos testeados fueron tratamiento (T) y bloque (B).

Los supuestos al utilizar el modelo fueron: el modelo es correcto, aditivo y no hay interacción entre los bloques y los tratamientos. Los errores experimentales: son variables aleatorias, se distribuyen de forma normal centrados en 0 e independientes, para corroborar se estudió la distribución de los residuales.

Se realizó un análisis de varianza (ANAVA), la comparación y la clasificación en ranking de las medias de las variables en estudio se realizó mediante la prueba de Test de Tukey utilizando un 90% de nivel de certeza mediante un valor de  $\alpha = 0,1$  de probabilidad de cometer error tipo 1.

El análisis estadístico fue realizado utilizando el software estadístico R, versión 4.1.1 del 10/08/2021.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE CRECIMIENTO

Para la caracterización de la estación de crecimiento se utilizaron los datos de precipitaciones, temperatura, humedad relativa y evapotranspiración (ETP). Estos se obtuvieron de la base de datos meteorológicos de la estación experimental INIA Las Brujas (INIA, 2021) ubicada en departamento de Canelones, 34° 61' 63'' S 56° 03' 47'' W a 12,3 km (INIA, 2021) mientras que las precipitaciones fueron registradas en el lugar del ensayo.

La temperatura de la estación fue similar a la serie histórica desde 1972 al presente. Las precipitaciones acumuladas entre marzo y mayo fueron las esperadas, pero en junio superaron el promedio mensual situado en 100 mm. Las temperaturas registradas hasta mediados de abril estuvieron en el rango óptimo para el crecimiento del follaje (20 - 25°C) (Molina et al., 2004). A partir de los 38 DDS, la temperatura comenzó a disminuir favoreciendo el desarrollo de los tubérculos dado a que éste requiere de temperaturas diurnas de 16 - 22°C y nocturnas de 10 - 16°C. Las temperaturas nocturnas menores a este rango (figura N° 6) generan que la tuberización ocurra a una tasa menor de la óptima. Se registraron 13 días de ocurrencia de helada agrometeorológica, ocurriendo la primera a los 71 DDS, las posteriores a los 73, 84, 87, 88, 94 al 96, 106 al 109 y 111 DDS.

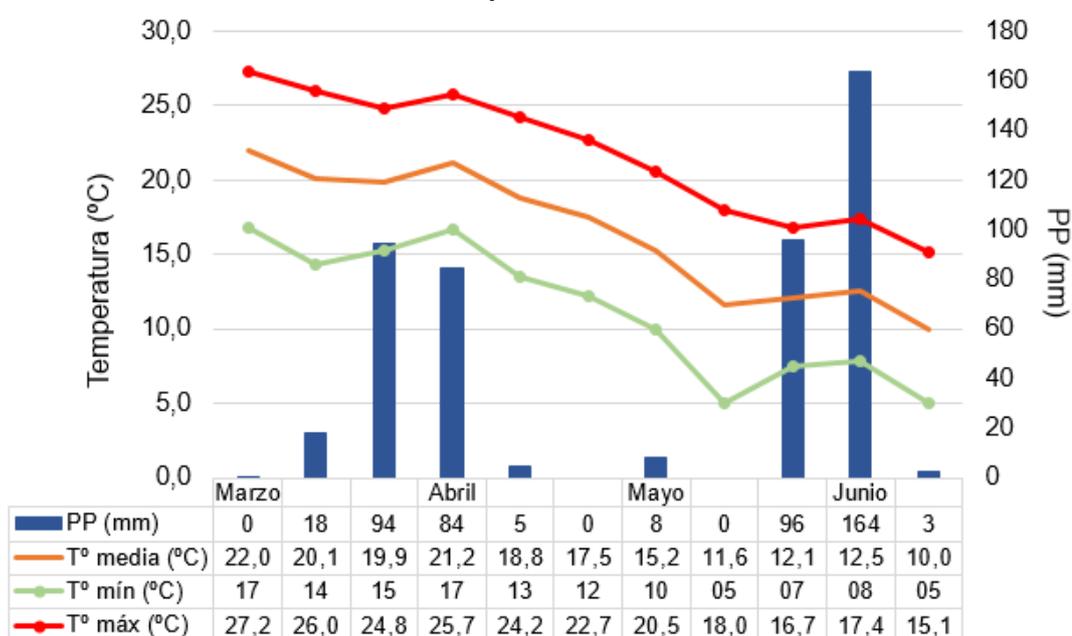


Figura N° 6. Temperatura y precipitaciones, expresado cada diez días, durante la estación de crecimiento (marzo-junio 2021).

**Fuente:** elaborado en base a INIA (2021) y estación del CRS<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Colnago, P. 2022. Com. personal.

La humedad relativa estuvo durante todo el periodo en valores altos de 75 a 90% (figura N° 6), lo cual favoreció el desarrollo de la enfermedad causada por *Phytophthora infestans*.

A lo largo de la estación de crecimiento del ensayo, la ETP disminuye progresivamente de manera inversa a la humedad relativa que aumenta, explicado por una menor demanda atmosférica a medida que se aproxima el invierno.

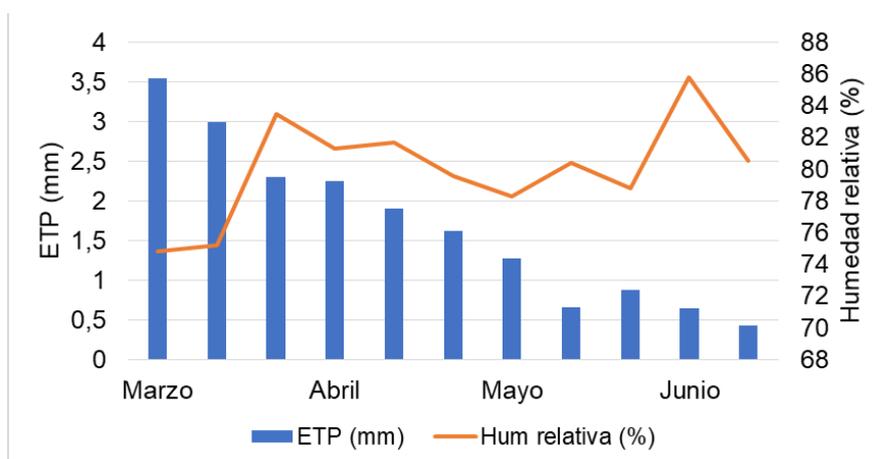


Figura N° 7. Evapotranspiración y humedad relativa durante la estación de crecimiento (marzo-junio 2021).

**Fuente:** elaborado con base en INIA (2021) y CRS<sup>3</sup>.

## 4.2 ESTADO SANITARIO DEL CULTIVO

### 4.2.1 Incidencia y severidad de enfermedades

A los 34 DDS se constató por primera vez la presencia de tejido afectado por *Phytophthora infestans*, con una incidencia de 50% de las plantas, llegando al 100% al finalizar la estación. Esto ocasionó en la mayoría de las plantas de los tres tratamientos el final del ciclo por la afectación total del cultivo (cuadro 7 y figura 8).

Se estudió la severidad de dicha enfermedad realizando muestreos en el T1 (plantines) a los 34, 41 y 47 días, mientras que para T2 (minis < a 3 g) y T3 (minis > a 3 g) se realizó la evaluación solo a los 47 DDS, debido al bajo número de plantas y a su heterogeneidad (distintos estados de crecimiento y desarrollo de las plantas en los dos primeros muestreos).

<sup>3</sup> Colnago, P. 2022. Com. personal.

A los 34 DDS T1 tenía un 14% de tejido afectado y 13 días después un 80%. T2 y T3 se vieron menos afectados a los 47 DDS teniendo un 46% y 28% respectivamente.

Cuadro N° 7. Porcentaje de tejido afectado por *Phytophthora infestans*

Fecha de muestreo (DDS)	Porcentaje de tejido afectado		
	T1	T2	T3
34	14 ± 10,6	-	-
41	45 ± 11,3	-	-
47	80 ± 10,5	46 ± 15,8	28 ± 6,7

Segundo valor es el desvío estándar (calculado con los valores de cada repetición)

En el muestreo realizado a los 76 DDS y a cosecha se observaron tubérculos afectados por *Phytophthora infestans* (figuras N° 8). Como resultado de la evaluación se observó mayor incidencia y severidad de la enfermedad en plantas del T1.



Figura N° 8. Planta afectada por *Phytophthora infestans*. Arriba primeros síntomas en hoja y tallos a los 34 DDS; Abajo: daño en planta y tubérculos a los 76 DDS.

Analizando desde el punto de vista del triángulo de la enfermedad, el desarrollo de la enfermedad se da cuando hay un hospedero susceptible, un patógeno y condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la epidemia. En este caso hay un hospedero susceptible a tizón tardío (González et al., 2019). Por otro lado, el huésped se trata de *Phytophthora infestans* el cual, bajo condiciones óptimas para su desarrollo puede generar epidemias policíclicas con una duración aproximada de 3-5 días cada ciclo (Fry, 2008). El patógeno está generalmente presente en chacras productoras, dada la sobrevivencia en plantas guachas. Particularmente en la zona del ensayo hay historial de presencia del mismo en los cuadros destinados a horticultura en el CRS. Además, la diseminación se lleva a cabo mediante viento y lluvias mientras que la infección ocurre en períodos mayores a 10 horas de hoja mojada (Fry, 2008). Respecto al ambiente, existieron condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad; alta humedad relativa (80-85%) y temperaturas promedio de 15 - 19°C (Méndez y Gaete, 2009). Estas razones podrían explicar el carácter agresivo que presentó la enfermedad en el cultivo.

#### **4.2.2 Incidencia y severidad de insectos**

En el muestreo realizado a los 42 DDS se observó en algunas plantas del T1, cribado en las hojas ocasionado por el ataque de insectos masticadores, aunque no se identificaron especies. La presencia de insectos no fue significativa en ningún momento del ciclo.

El principal insecto plaga para el cultivo de papa es *Myzus persicae* (Pulgón verde de la papa), no tanto por su daño directo, sino que, el indirecto suele ser más trascendente debido a la transmisión de virus que lleva adelante siendo esta de forma persistente para PLVR y no persistente para PVY (Agrios, 2007).

No hubo incidencia importante de pulgones en el cultivo. Esto podría deberse a que la fecha de siembra fue tardía, que tuvo lugar el 3/03 cuando lo aconsejable es realizarla en la primera quincena de Febrero (Aldabe Dini et al., 2001). El nivel de brotación en T2 y T3 era nulo por lo que, la emergencia se dio en los primeros días de abril estando esas plantas expuestas por muy poco tiempo a la temporada de mayor vuelo de los pulgones (Carbonell y Briozzo, 1975).

#### **4.2.3 Incidencia y severidad de virus**

En el muestreo realizado a los 42 días, se observaron plantas del T1 con síntomas de amarillamiento internerval desde la zona media hasta el ápice desarrollándose sobre el borde de las hojas. Si bien no se llevaron a cabo análisis serológicos para confirmar el diagnóstico, estos síntomas

llevaron a inferir que se trata del virus de la alfalfa (figura N° 9) (SINAVIMO, 2020). De todos modos, no revistieron daños mayores, ni propagación al resto del ensayo.

La afectación solo en el T1 pudo deberse que a la fecha los demás tratamientos aún se encontraban emergiendo y con muy poco tejido foliar y no haya sido preferido por los insectos trasmisores. En cambio, no debería haber sido transmitido por medio del plantín debido a que fue identificado en unas pocas plantas y no generalizado en el T1.



Figura N° 9. Planta con hojas afectadas por sintomatología atribuida al virus de la alfalfa, a los 42 DDS.

### **4.3 CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO**

#### **4.3.1 Emergencia e instalación**

La población de plantas logradas en T2 y T3 fue muy baja; a cosecha estos valores fueron de 18 y 28 % respectivamente. Se trata de una proporción baja, a lo cual se le pueden atribuir diversos factores.

Por un lado, los minitubérculos se encontraban con escaso a nulo nivel de brotación al momento de sembrar pese a la aplicación de Giberelinas. Adicionalmente, la fecha de siembra tardía para el ciclo de otoño, 15-20 días de retraso respecto a la fecha recomendada de siembra en zona sur, enlentece dicha etapa (Aldabe Dini et al., 2001).

Por otra parte, la profundidad de siembra de 10 centímetros para T2 y T3 pudo ser muy profunda teniendo en cuenta que los minitubérculos eran muy pequeños (2,2 y 3,4 g respectivamente) y sus reservas son limitadas ocasionando que muchos acabaran las mismas antes de emerger.

T1 se instaló por medio del trasplante. La sobrevivencia a los 20 DDS fue 100% no siendo necesario trasplantes posteriores. A cosecha el número final de plantas de este tratamiento fue de 61% debido a la pérdida de plantas ocasionada por *Phytophthora infestans*.

### 4.3.2 Crecimiento del cultivo

A lo largo del ciclo, T1 tuvo valores de crecimiento y desarrollo significativamente mayores que T2 y T3. En todos los órganos, hojas, tallos, raíces y tubérculos, tanto en número como en peso fresco y seco durante todos los muestreos realizados fue mayor en T1 respecto a T2 y T3 (Figura 10, 11 y 12). T2 y T3 no se diferenciaron significativamente entre sí durante el ciclo. A continuación, en el cuadro 8 se presenta el muestreo con mayor diferencia significativa, realizado a los 42 DDS.

Cuadro N° 8. Número y peso (gramos) de los órganos por m<sup>2</sup> a los 42 DDS.

T	Hojas/m <sup>2</sup>		Tallos/m <sup>2</sup>		Raíces/m <sup>2</sup>	Estolones/m <sup>2</sup>		Tubérculos/m <sup>2</sup>		
	Nº	PS	Nº	PS	PS	Nº	PS	Nº	PF	PS
1	37,1 a	45,0 a	17,25 a*	18,90 a	2,58 a	6	0,11	7,20 a	264,6 a	37,5 a
2	21,0 b	6,5 b	3,75 b	0,89 b	0,51 b	12	0,045	2,25 b	0,8 b	0,14 b
3	16,5 b	8,5 b	3,75 b	2,25 b	0,9 b	9	0,09	4,50 ab	5,4 b	0,75 b

# Letras diferentes en la columna indican diferencia significativa con  $\alpha=0,1$ .

\* En el caso del T1, 17,25 equivale a tallo + ramas.

En el cuadro 8, se puede observar que tanto en peso como en número de estolones no se encontró diferencia significativa, esto podría atribuirse al desfase que ocurrió en los ciclos donde T1 a los 42 DDS ya tenía un número de tubérculos mayor a T2 y T3. Las plantas de T1 estaban tuberizando y no estaban formando nuevos estolones y posiblemente algunos se reabsorbieron (menor número a los 42 DDS que en el muestreo anterior 34 DDS) mientras que en T2 y T3 estaban en aumento.

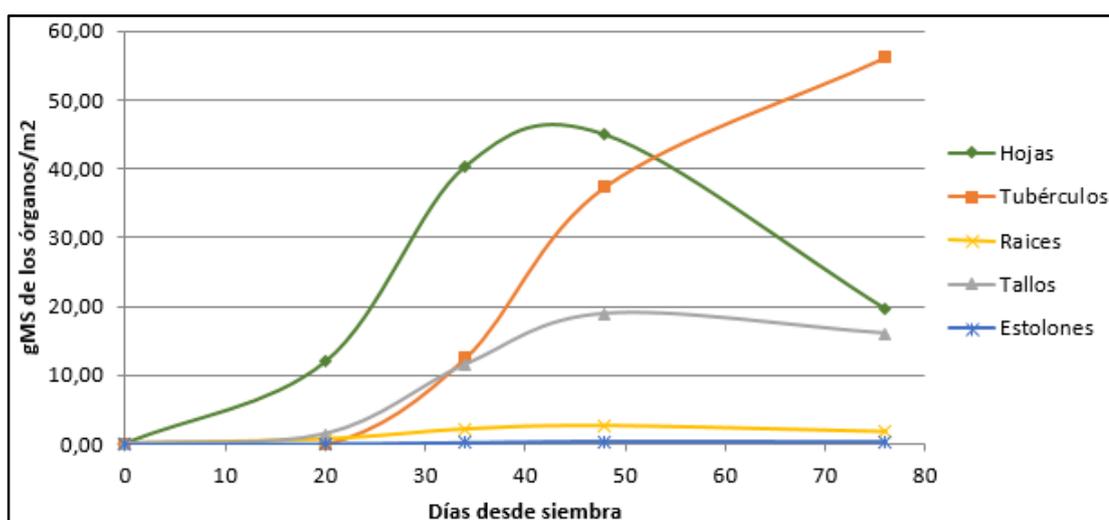


Figura N° 10. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m<sup>2</sup> de T1.

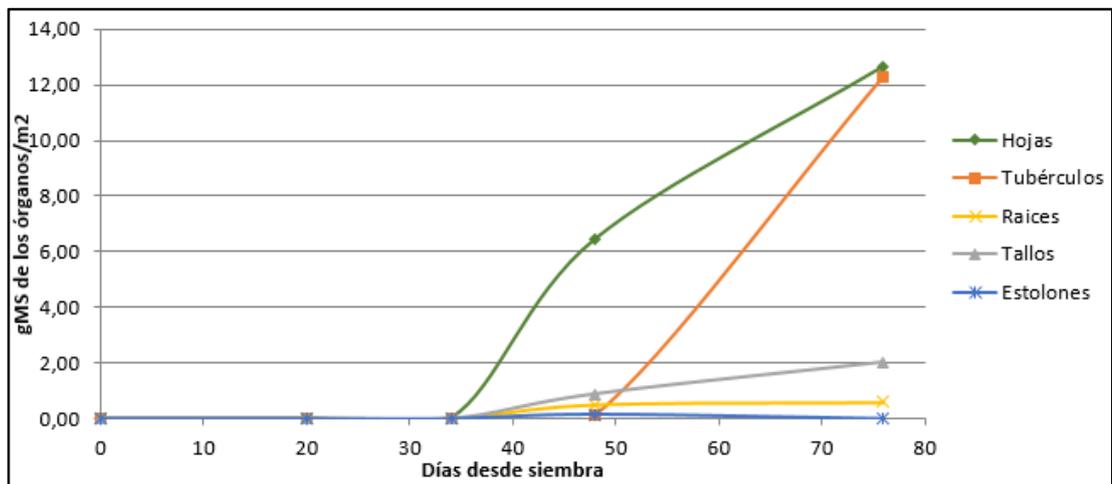


Figura N° 11. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m<sup>2</sup> de T2.

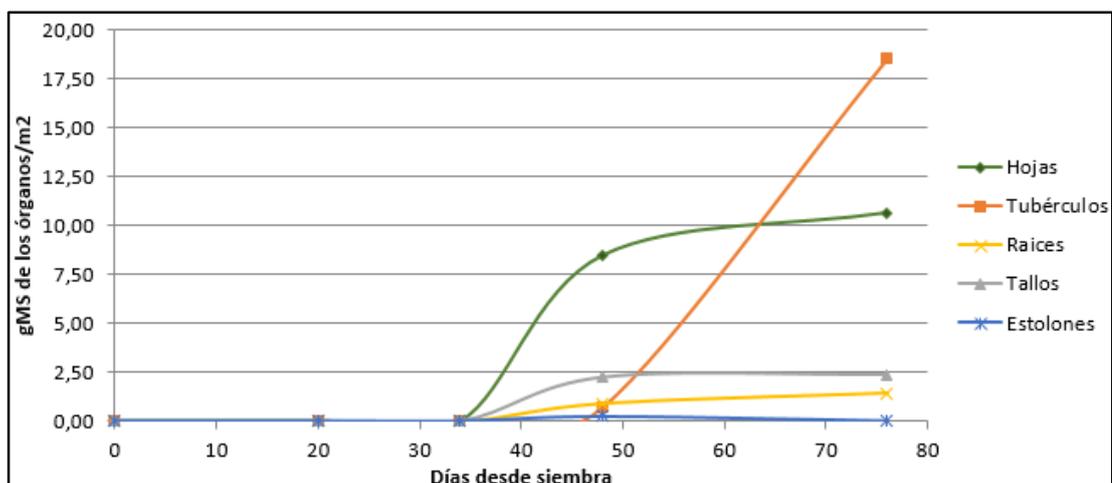


Figura N° 12. Evolución de peso de los órganos de las plantas/m<sup>2</sup> de T3.

En cuanto a la tuberización, hay una clara diferencia en el momento de inicio; mientras que T1 a los 25-30 DDS ya comenzó a tuberizar, T2 y T3 comenzaron a los 50-55 DDS. Esto supone una diferencia de al menos 25 días en la duración de la tuberización.

En las plantas del T1 se observó la presencia de un número elevado de estolones, sumado a la presencia de tubérculos en el muestreo realizado a los 34 DDS. Esto se puede explicar por una reducción progresiva de temperatura que genera condiciones propicias para que T1 comience a particionar hacia los estolones y tubérculos desde las primeras semanas (Tmedia 21,2 °C). En la gráfica 10, la curva de follaje llega al máximo a los 40 DDS en T1, momento a partir del cual ya no crece el follaje y todos los asimilados son destinados al crecimiento de los tubérculos.

En cambio, tanto en T2 como T3 la partición de asimilados con destino a los estolones y tubérculos comenzó entre los 50 y 55 DDS, con una principal causa en el retraso de la emergencia que determinó un desarrollo del cultivo expuesto a menor temperatura ambiental y por ende menor desarrollo. Además, la HR aumentó progresivamente por lo que, las condiciones fueron propicias para presencia de *Phytophthora infestans*. En T2 y T3 no se observó cese en el crecimiento del follaje, ya que el ciclo finalizó precozmente por la ocurrencia de heladas y la pérdida de follaje ocasionada por *Phytophthora infestans*.

La anticipada tuberización de T1 frente a T2 y T3 generó que las plantas de T1 tuvieran más tiempo de tuberización, y consecuentemente los tubérculos producidos alcanzaran un mayor tamaño.

Como se mencionó la muerte del follaje determina el final del cultivo, pese a esto, a cosecha se observaron unas pocas plantas de T2 y T3 con tejido foliar verde (aunque de poca significancia en cuanto a su capacidad de producir asimilados), indicando que las heladas registradas no fueron lo suficientemente severas como para terminar por completo el follaje.

#### 4.4 RENDIMIENTO DEL CULTIVO

##### 4.4.1 Categorización de la producción obtenida

La clasificación utilizada para la producción se basa en el criterio propuesto por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) de Perú, basado en el peso fresco del tubérculo-semilla. Dicha clasificación discrimina los tubérculos-semillas en: menos de 20 gramos, de 20 a 40 gr, 40 a 80 gr y más de 80 gr; presentando los resultados en el cuadro N° 9.

Cuadro N° 9. Número y peso seco de tubérculos por m<sup>2</sup> clasificados según tamaño; y número total, peso fresco y seco total, e índice de cosecha (IC).

T	Menos de 20 g		20 - 40 g		41 - 80 g		Más de 80 g		N° Total	Peso Fresco (g)	Peso seco (g)	IC
	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)	N°	Peso (g)				
1	2,42	32,56	2,03	66,47	2,27	150,16 a	1,57 a	194,71 a	8,30 a	443,90 a	69,47 a	52
2	2,92	23,00	2,00	55,17	1,58	81,67 b	0,50 b	46,33 b	7,00 ab	206,17 b	31,98 b	87
3	2,35	24,80	1,15	35,60	1,25	70,70 b	0,20 b	20,50 b	4,95 b	151,60 b	24,18 b	85

\*Letras diferentes en la columna indican diferencia significativa con  $\alpha=0,1$ .

##### 4.4.2 Número de tubérculos y peso de tubérculos

Se observó una tendencia a una mayor tuberización bajo T1 con respecto a T2 y T3 pero sin encontrarse diferencias significativas con T2 en el número de tubérculos. Estas tendencias/diferencias podrían explicarse por diferentes factores: condiciones al inicio de la tuberización, duración de tuberización y aporque.

El T1 como se explicó previamente, tuvo una tuberización más prolongada, permitiendo una mayor formación de tubérculos. Si bien el fin del cultivo ocurrió tanto por la infección como por las heladas ocurridas, tomando como referencia la ocurrencia de la primera helada registrada a los 71 DDS, la duración de la tuberización fue al menos 45 días para T1 mientras que T2 y T3 unos 20 días.

Otra causa de la diferencia en el número total de tubérculos es el número de aporques realizados, T1 recibió 3 aporques mientras que T2 y T3 solo uno. Un mayor número de aporques, cubre más nudos del tallo con suelo, generando que estos puedan convertirse en estolones resultando en un mayor número de tubérculos (Van Dijk et al., 2020).

La distribución del número de tubérculos por categoría, cosechados bajo cada tratamiento es diferente. En el cuadro N° 10 se muestra el % del número de tubérculos cosechados/m<sup>2</sup> por categoría. El tratamiento 1 tiene una distribución casi homogénea del número de tubérculos por categoría, pudiéndose deducir que durante todo el periodo se formaron tubérculos, de modo tal que los primeros formados fueron de mayor tamaño que los formados posteriormente.

Cuadro N° 10. Porcentaje del número de tubérculos por categoría.

T	% de tubérculos sobre el número total			
	Menos de 20 gr	20 - 40 gr	40 - 80 gr	Más de 80 gr
T1	29	24	24	19
T2	46	28	20	6
T3	49	23	25	4

En los tratamientos T2 y T3, se observa una dominancia de tubérculos de menos de 20 g. Una de las causas es el poco tiempo que duró la tuberización, 20 a 30 días, haciendo que los tubérculos formados no alcanzaran un mayor tamaño.

En el caso del T1, el 43,3% de los tubérculos tuvieron un tamaño mayor a 40 g, que es el tamaño utilizado tradicionalmente como tubérculos-semilla para cultivo comercial lo cual permite que se puedan comercializar. El T2 obtuvo un 26% y T3 un 29% de la producción que permitiría su comercialización. Estos menores porcentajes son debido a un menor tiempo de tuberización y menor temperatura durante este periodo respecto a T1.

En la figura N° 13 se muestra el aporte peso (g) de cada categoría. En el caso del T1 el 43.9% es explicado por tubérculos de peso superior a 80 gr y un 33,8% tubérculos de 40-80 g. El T1 se diferencia significativamente de

T2 y T3; teniendo estas diferencias iguales explicaciones que en el número de tubérculos.

La muerte del follaje por la infección con *Phytophthora infestans* fue la principal causa de los bajos rendimientos. Un indicio, es el índice de cosecha, que fue 52, cuando el valor habitual es en torno a 80. Dicho valor subestima la biomasa vegetal, dado que no se registró el valor máximo ocurrido entre 42 y 76 DDS, indicando que el índice de cosecha podría ser aún menor.

Los tubérculos formados sobre el final de la tuberización donde las plantas no contaban casi con área foliar, no lograron un tamaño mayor a 40g

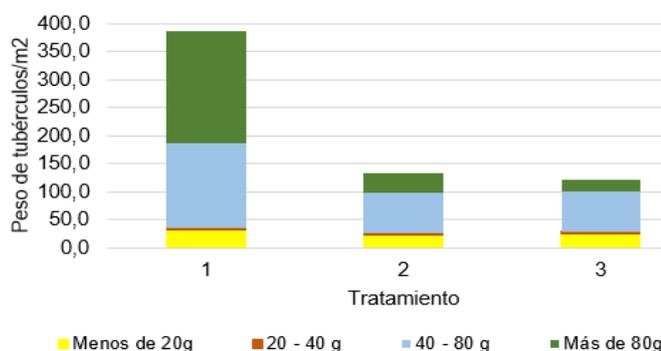


Figura N° 13. Peso de tubérculos por categoría/m<sup>2</sup> por tratamiento.

T2 y T3 tuvieron una distribución de pesos similares, donde predominó la categoría de 40-80 g con el 39,6% y 46,6%, respectivamente para T2 y T3 (figura N°13), y en menor medida las categorías menos de 20 g y más de 80 g.

Si bien la duración de tuberización no fue la deseada, el 62 y 60,1% del peso fresco total (T2 y T3 respectivamente) es explicado por tubérculos de tamaño mayor a 40 g.

Por último, en cuanto a la tasa de multiplicación obtenida en el cultivo se obtuvo: T1 2,77; T2 2,3; T3 1,65. Teniendo en cuenta que se trata de un cultivo con finalidad de multiplicación de semilla, los resultados obtenidos fueron bajos, inferiores (un tercio aproximadamente) (Martínez y Soust, 2018). No obstante, no hay en el país trabajos previos con estos materiales a campo. De la comparación de las tasas se desprende que la producción de semilla para cultivo comercial requiere de varios ciclos para alcanzar un volumen deseado.

#### 4.4.3 Tubérculos defectuosos

Los tubérculos cosechados además de ser clasificados por peso, fueron clasificados según defecto que ocasiona el descarte (cuadro N° 11).

### Verdeados

Los tubérculos verdeados son causados por estar expuestos al sol mientras están en la planta, lo que genera que el tejido comience a realizar fotosíntesis. Entre los tratamientos no se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de tubérculos verdeados, pese a esto, presentaron porcentajes altos/importantes al tratarse de tubérculos-semilla.

Una posible causa del verdeado es la poca profundidad de siembra de los plantines, donde solo fue enterrado el sistema radicular (5-10 cm) a diferencia de siembras con tubérculos-semillas de 40-80 g (donde son sembrados a 15-20 cm de profundidad).

Otra causa posible es la forma en que se realizó el aporque; al ser manual, no aportaron la tierra suficiente al cantero para generar una altura suficiente. En la cosecha se constató la presencia de la mayoría de los tubérculos a muy poca profundidad, en mayor medida en el T1 (Van Dijk et al., 2020).

### Galerías

La presencia de galerías en los tubérculos fue muy alta en todos los tratamientos, sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos. Los altos porcentajes en parte pueden ser explicados por la no aplicación de insecticidas al suelo. Las especies generalmente presentes son: *Phthorimaea operculella*, *Epitrix fasciata*, *Conoderus sp*, *Cyclocephala signaticollis* (Agrios, 2007)

Cuadro N° 11. Porcentajes de tubérculos a la cosecha con condiciones de descarte

Tratamiento	Verdeados	Galerías	Pudriciones	Deformaciones
1	13,7	25,3	3,5 a	4,3
2	9,4	16,2	0 b	2,2
3	6,7	18,8	4,0 a	1,7

\*Letras diferentes en la columna indican diferencia significativa con  $\alpha=0,1$ .

### Podredumbres

Los tratamientos 1 y 3 presentaron podredumbres, en ambos casos los porcentajes fueron bajos. Las causas de dichas podredumbres se pueden atribuir a: lluvias intensas y prolongadas durante la tuberización e infección causada por *Phytophthora infestans*.

Durante la tuberización ocurrieron dos periodos de excesivas lluvias: 15-45 y 80-100 DDS donde se acumularon 456 mm, el suelo se encontró saturado en dichos periodos. Pero los períodos prolongados de excesiva

humedad del suelo pudieron ser un factor para la ocurrencia de podredumbres.

Otro factor fue debido a la infección sufrida por *Phytophthora infestans*, en el muestreo realizado a los 76 DDS ya se encontraron tubérculos afectados por esta enfermedad (en T1). Al mismo tiempo, dicha infección volvió más susceptibles a podredumbre húmedas como las encontradas.

#### Deformaciones

En los tres tratamientos se encontraron tubérculos deformes, en todos los casos los porcentajes fueron muy bajos (cuadro N° 11). Dichas deformaciones generalmente son debidas a cambios en las condiciones climáticas de forma abrupta, como fue el caso de períodos prolongados de lluvias (Zotarelli et al., 2019).

### **4.5 ANÁLISIS DE LOS MÉTODOS DE INSTALACIÓN EVALUADOS Y RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ENSAYOS**

La diferencia en peso fresco entre los tratamientos 2 y 3, de 1,2g, no fue suficiente para obtener conclusiones contrastantes por lo que, la tesis se orienta a comparar T1 con el resto, es decir, plantines versus minitubérculos.

El T1 se instaló a través de trasplante, teniendo la ventaja de mayor rapidez de instalación frente a T2 y T3. El período entre siembra y emergencia generó un desfase de 30 días aproximadamente entre T1 y los restantes.

El estado de brotación de los minitubérculos (T2 y T3) no fue el adecuado. Es de gran importancia que cuente con un nivel de brotación, por lo menos apical para lograr una rápida instalación del cultivo.

Otro parámetro a ajustar es la profundidad de siembra, adecuándola al tamaño de los minitubérculos, teniendo en cuenta que las reservas deben tener la capacidad de abastecer al brote hasta que logre el rol de fuente.

Se recomienda para materiales trasplantados (T1), realizar aporques con mayor volumen de tierra cubriendo más nudos del tallo, teniendo en cuenta que no es posible aumentar la profundidad de trasplante. Respecto a T2 y T3, se recomiendan siembras con una profundidad máxima de 5 cm.

En cuanto al manejo cultural se puede decir que, si bien se efectuaron aplicaciones de prevención frente a presencia de condiciones propicias para el desarrollo de *Phytophthora infestans*, no tuvieron la eficiencia esperada de modo que, la enfermedad logró instalarse en el cultivo por un período prolongado de tiempo pese al control químico efectuado posteriormente. Por último, respecto al manejo cultural, se debió establecer un manejo específico orientado a prevenir daño por insecto en los tubérculos.

La tasa de multiplicación obtenida es inferior (un tercio aproximadamente) a la reportada obtenida en el país en condiciones de alta densidad (T1 2,77; T2 2,3; T3 1,65; tasa de referencia 7-9) (Martínez y Soust, 2018). Las condiciones de la zafra en las que se desarrolló el cultivo- siembra tardía, escasa/nula brotación al momento de la siembra (minitubérculos), infección y muerte temprana del follaje por la infección de *Phytophthora infestans*- no permiten concluir sobre el potencial de multiplicación a campo de estos materiales. No obstante, en base a la bibliografía consultada (Van Dijk et al., 2020) y a las observaciones realizadas durante el transcurso del ensayo (buena instalación, crecimiento inicial rápido, buena cobertura foliar en etapas tempranas en el tratamiento 1), la instalación del cultivo a partir de plantines podría tener un potencial de producción/multiplicación semejante al convencional (7 a 10) (Martínez y Soust, 2018). Ajustando los manejos que se mencionaron y el estado sanitario.

## 5. CONCLUSIONES

El experimento realizado permitió determinar las diferencias al utilizar plantines o minitubérculos al momento de instalar un semillero para la obtención de semilla básica; tomando en cuenta que los tratamientos con minitubérculos no tuvieron el nivel de brotación adecuado al momento de la siembra lo afectó el desarrollo y rendimiento.

El número de tubérculos se vio afectado por el material de propagación utilizado; diferenciándose significativamente el tratamiento con plantines de los minitubérculos de menor peso.

El uso de plantines frente al de minitubérculos, presentó diferencias significativas tanto en peso fresco como en peso seco, T1 (444 g/m<sup>2</sup> PF) duplicando al T2 (206 g/m<sup>2</sup> PF) y triplicando al T3 (152 g/m<sup>2</sup> PF).

Se concluye que es viable la utilización de plantines a campo. En cuanto a los minitubérculos, se requiere de nuevos ensayos ajustando las variables como ser la densidad, profundidad de siembra y estado de brotación, para poder concluir sobre la viabilidad de su utilización a campo del gramaje utilizado y poder definir el tamaño mínimo viable a campo.

## 6. RESUMEN

El esquema tradicional de multiplicación de semilla de papa genera una rápida degeneración de la calidad sanitaria provocando altos costos. El objetivo de este trabajo fue contribuir a la generación de conocimiento sobre la adaptación a nuestras condiciones de métodos de propagación alternativos, buscando disminuir volúmenes y costos iniciales y que estos se vuelvan una alternativa tecnológica para pequeños productores. Se analizó el efecto de tres materiales de plantación: plantines (T1), minitubérculos menores a 2,2 gramos (T2) y minitubérculos de 3,4 gramos peso promedio (T3) sobre la producción de semilla básica de papa (*Solanum tuberosum* var. Arequita). La producción final de semilla básica de papa se vio afectada por el material de plantación. El número de tubérculos se vio afectado, diferenciándose significativamente el tratamiento con plantines de los minitubérculos de 2,2 gramos. En cuanto al peso obtenido, los plantines presentaron diferencias significativas tanto en peso fresco como en peso seco, T1 (443,90 g/m<sup>2</sup> PF) duplicando al T2 (206,17 g/m<sup>2</sup> PF) y triplicando al T3 (151,60 g/m<sup>2</sup> PF). conclúyelos resultados obtenidos en relación al crecimiento del cultivo indican que es viable la utilización de plantines a campo mientras que el uso de minitubérculos requiere de nuevos ensayos para su ajuste.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*; plantines; minitubérculos; semilla básica

## 7. SUMMARY

The traditional seed potato multiplication scheme generates a rapid degeneration of sanitary quality, causing high costs. The objective of this work was to assess the adaptation to our conditions of alternative propagation methods, seeking to reduce volumes and initial costs as a technological alternative for small farmers. The effect of three planting materials was analyzed: seedlings (T1), minitubers less than 3 grams (2.2 in average -T2-), and minitubers over 3 grams up to 6 grams weight (3.4 average -T3-) on the production of basic potato seed (*Solanum tuberosum* var. Arequita). The final production of basic potato seed was affected by the planting material. The number of tubers was affected, significantly differentiating the treatment with seedlings from the minitubers of 2.2 grams. Regarding the weight obtained, the seedlings showed significant differences in both fresh and dry weight, T1 (443.90 g/m<sup>2</sup> PF) doubling T2 (206.17 g/m<sup>2</sup> PF) and tripling T3 (151.60 g/m<sup>2</sup> PF). In conclusion, the results obtained in relation to the growth of the crop indicate that the use of seedlings in the field is viable, while the use of minitubers requires new trials for their adjustment.

Keywords: *Solanum tuberosum*; seedlings; minitubers; basic seed

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Acuña, I.; Bravo, R. eds. 2019. Tizón tardío de la papa: estrategias de manejo integrado con alertas temprana. (en línea). Osorno, INIA. 138 p. (Boletín INIA. no. 399). Consultado 9 may. 2022. Disponible en <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6777>
2. Adames, M. 1999. Efecto del tamaño del minitubérculo de papa (*Solanum tuberosum* L.) de segunda generación, Var. Atlantic, en el rendimiento de minitubérculo de tercera generación bajo microtúneles. (en línea). Tesis Mag. Producción Agrícola. Nuevo León, México. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. 106 p. Consultado 22 nov. 2022. Disponible en <http://eprints.uanl.mx/7343/1/1020126729.PDF>
3. Agrios, G. 2007. Fitopatología. 2da ed. Ciudad de México, Limusa. 856 p.
4. Agueda, S. 2010. Hongos fitopatógenos II. (en línea). Montevideo, Facultad de Agronomía. 7 p. Consultado 2 nov. 2022. Disponible en [http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/Materiales/Teoricos\\_2011/Hongos%20II\\_2011.pdf](http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/cursos/fitopato/Materiales/Teoricos_2011/Hongos%20II_2011.pdf)
5. Aldabe Dini, L.; Aldabe, R.; Borde, J.; Carballo, R.; Curbelo, L.; de los Santos, M.; Díaz, L.; Gómez Etchebarne, C.; Fernández, D.; Maeso, D.; Molinelli, C.; Proto, J. A.; Verdier, E.; Vilaró, F.; Zink, R. 2001. Producción de semilla de papa en el Uruguay. Montevideo, PREDEG. 117 p. (PREDEG Serie Técnica no. 6).
6. Allen, R.; Pruitt, W.; Businger, J.; Fritschen, L.; Jensen, M.; Quinn, F. 1996. Evaporation and Transpiration. (en línea). In: Task Committee on Hydrology Handbook of Management Group D of the American Society of Civil Engineers. ed. Hydrology Handbook. pp. 125 - 252. (ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice no. 2). Disponible en <https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784401385>
7. Almekinders C. J. M.; Chujoy, E.; Thiele, G. 2009. The use of true potato seed as pro-poor technology: the efforts of an international agricultural research institute to innovating potato production. *Potato Research*. 52: 275 - 293.
8. Beukema, H.; Van der Zaag, D. 1990. Introduction to the potato production. Wageningen, Pudoc. 206 p.

9. Bregante, Á. 2013. El cultivo de papa: algunas cifras. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 146: 66 - 68. Consultado 5 mar. 2022. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R146/R146\\_66.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R146/R146_66.pdf)
10. Carbonell, J.; Briozzo, J. 1975. Plagas de la papa: Pulgones. (en línea). Montevideo, CIAAB. 2 p. (CIAAB Hoja de divulgación no. 30). Consultado 8 oct. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6294/1/Hoja-de-divulgacion-30.pdf>
11. Carputo, D.; Pentimalle, M.; Frusciante, L. 1996. Production and use of seedling tubers from true potato seed (TPS) for potato cultivation in Italy. Potato Research. 39: 3 - 10.
12. Casares, I. 2021. El cultivo de papa en el Uruguay: cambios registrados en los últimos veinte años. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 178: 48 - 50. Consultado 7 ago. 2022. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/193\\_3023.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/193_3023.pdf)
13. Christensen, C.; Cabrera, J.; Zotarelli, L.; Dahl, W.; Jeffery, D.; James P.; Hutchinson, P. 2019. Creciendo papas en el jardín de su hogar en la florida. (en línea). Florida, University of Florida Extension. s.p. Consultado 20 jun. 2022. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1282>
14. Chuquillanqui, C. 2017. Técnicas para alcanzar altos índices de multiplicación en períodos cortos. Agronoticias. no. 436: 34 - 38.
15. Ciampitti, I.; García, F. 2007. Requerimientos nutricionales: absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: I. Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo Agronómico. no. 11: 13 - 16.
16. Colnago, P.; Vilaró, F.; González, P. 2019. Production and multiplication of national potato varieties in family farming systems. (en línea). Revista Latinoamericana de la Papa. 23(2): 74 - 79. Consultado 6 nov. 2022. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/341644951>  
[Production y multiplicacion de variedades nacionales de papa en sistemas agricolas familiares](#)

17. Ezeta, F. 2016. Producción de Semilla de Papa en Latinoamérica. (en línea). Revista Latinoamericana de la Papa. 12(1): 1 - 14. Consultado 9 mar. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.37066/ralap.v12i1.105>
18. Farrás, T. 2018. Calidad de semilla: qué implica y cómo determinarla. (en línea). Revista del Plan Agropecuario. no. 166: 64 - 67. Consultado 6 nov. 2022. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180\\_2775.pdf](https://www.planagropecuario.org.uy/uploads/magazines/articles/180_2775.pdf)
19. Fry, W. 2008. Phytophthora infestans: the plant (and R gene) destroyer. (en línea). Molecular Plant Pathology. 9(3): 385 - 402. Consultado abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00465.x>
20. González, M.; Giménez, G. 2017. Catálogo de cultivares hortícolas. (en línea). Montevideo, INIA. 58 p. (Boletín de Divulgación no. 113). Consultado 4 nov. 2022. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/7053/1/bd-113-Catalogo-Horticola-2a.ed.2017.pdf>
21. \_\_\_\_\_.; Rodríguez, G.; Vilaró, F. 2019. Papas INIA: opciones varietales para el escenario actual y perspectivas. Revista INIA. no. 57: 9 - 12.
22. \_\_\_\_\_.; Vilaró, F.; Rodríguez, G.; Colnago, P.; Piñeyro, J. 2022. Semilla verdadera de papa: propuestas y desafíos para la producción local. Revista INIA. no. 69: 82 - 86.
23. Graziano, J. 2011. Producir papa con semilla sexual: una alternativa posible. (en línea). Presencia. no. 56: 10 - 14. Consultado 18 jul. 2022. Disponible en <https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-papasemilla.pdf>
24. INASE (Instituto Nacional de Semillas, UY). s.f. Producción y comercialización de materiales de propagación de papa (Solanum tuberosum). (en línea). Canelones. 10 p. Consultado 4 abr. 2022. Disponible en <https://www.inase.uy/Files/Docs/A2005CC255260984.pdf>
25. \_\_\_\_\_. 2007. Papa: estándar específico. (en línea). Canelones. 8 p. Consultado 15 jun. 2022. Disponible en <https://www.inase.uy/Files/Docs/C970B1C6F9EAAC8C.pdf>

26. \_\_\_\_\_. 2021. Cultivo de papa. (en línea). Canelones. 6 p. Consultado 15 ago. 2022. Disponible en <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiODdiZWRiZDAtMDU0MS00NTdhLWEwMzktNjc3MDc3N2MyOTBiliwidCI6IjM1NWY2Yzg4LTQ1ODUtNDdjZC1hNTImLTdhOGFiNzcyMTk1NCJ9&pageName=ReportSection>
27. INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, UY). 2021. Banco datos agroclimático. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 15 jun. 2022. Disponible en <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>
28. Inostroza, J.; Méndez, P.; Sotomayor, L. 2009. Botánica y morfología de la papa. (en línea). In: Inostroza, J. ed. Manual de Papa para la Araucanía: manejo y plantación. Temuco, INIA. pp. 7 - 13. (Boletín INIA no. 193). Consultado 13 feb. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36476.pdf?sequence=6&isAllowed=y#:~:text=La%20papa%20es%20una%20planta,de%20crecimiento%20arrosado%20o%20semiarrosado>
29. Martínez, K.; Soust, G. 2018. Análisis del efecto de densidad de siembra en la producción de semilla prebásica de papa (*Solanum Tuberosum* var. Chieftain) bajo sistema aeropónico de producción. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 45 p.
30. Méndez, P.; Gaete, N. 2009. Principales enfermedades que afectan al cultivo de papa. (en línea). In: Méndez, P.; Inostroza, J. eds. Manual de papa para la Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje. Temuco, INIA. pp. 7 - 34. (Boletín INIA no. 194). Consultado 3 nov. 2022. Disponible en <https://tizon.inia.cl/assets/boletines/inia%20carillanca%20-%20principales%20enfermedades%20que%20afectan%20el%20cultivo%20de%20la%20papa.pdf>

31. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2003. Caracterización de la producción de papa: encuesta de papa. (en línea). Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 214). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/caracterizacion de la produccion de papa - encuesta 2003 - junio 2003 - no 214.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/caracterizacion%20de%20la%20produccion%20de%20papa%20-%20encuesta%202003%20-%20junio%202003%20-%20no%20214.pdf)
32. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2004. Encuesta de papa: “primavera 2003”. (en línea). Montevideo. 14 p. (Serie Encuestas no. 220). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/caracterizacion de la produccion de papa primavera 2003 - enero 2004 - no 220.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/caracterizacion%20de%20la%20produccion%20de%20papa%20primavera%202003%20-%20enero%202004%20-%20no%20220.pdf)
33. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2007a. Encuesta de papa: “otoño 2007”. (en línea). Montevideo. 21 p. (Serie Encuestas no. 247). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa otono 2007 - julio 2007 - no 247.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta%20de%20papa%20otono%202007%20-%20julio%202007%20-%20no%20247.pdf)
34. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2007b. Encuesta de papa: “primavera 2006”. (en línea). Montevideo. 20 p. (Serie Encuestas no. 244). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa primavera 2006 - enero 2007 - no 244.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta%20de%20papa%20primavera%202006%20-%20enero%202007%20-%20no%20244.pdf)
35. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2010a. Encuesta de papa: “otoño 2010”. (en línea). Montevideo. 16 p. (Serie Encuestas no. 288). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa otono 2010 - mayo 2010 - no 288.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta%20de%20papa%20otono%202010%20-%20mayo%202010%20-%20no%20288.pdf)

36. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2010b. Encuesta de papa: "primavera 2009". (en línea). Montevideo. 15 p. (Serie Encuestas no. 283). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa primavera 2009 - enero 2010 - no 283.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_de_papa_primavera_2009_-_enero_2010_-_no_283.pdf)
37. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2011. Censo general agropecuario: resultados definitivos. Montevideo. 146 p.
38. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2012. Encuesta de papa: "otoño 2012". (en línea). Montevideo. 15 p. (Serie Encuestas no. 305). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa otono 2012. mayo 2012 no 305.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_de_papa_otono_2012._mayo_2012_no_305.pdf)
39. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2013. Encuesta de papa: "primavera 2012". (en línea). Montevideo. 14 p. (Serie Encuestas no. 310). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta de papa primavera 2012 - enero 2013 no 310.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_de_papa_primavera_2012_-_enero_2013_no_310.pdf)
40. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2016. Encuesta de papa: "primavera 2015". (en línea). Montevideo. 15 p. (Serie Encuestas no. 333). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta papa primavera 2015 no 333.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/encuesta_papa_primavera_2015_no_333.pdf)
41. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2018a. Encuesta de papa: "otoño 2018". (en línea). Montevideo. 14 p. (Serie Encuestas no. 352). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/publicacion completa-papa oto 2018.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/publicacion_completa-papa_oto_2018.pdf)
42. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2018b. Encuesta de papa: "primavera 2017". (en línea). Montevideo. 13 p. (Serie Encuestas no. 350). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/publicacion primavera 2017 0.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-02/publicacion_primavera_2017_0.pdf)

43. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2020a. Encuesta de papa: "otoño 2020". (en línea). Montevideo. 13 p. (Serie Encuestas no. 362). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-05/Texto%20completo%20PapaOto2020.pdf](http://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2020-05/Texto%20completo%20PapaOto2020.pdf)
44. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2020b. Encuesta de papa: "primavera 2020". (en línea). Montevideo. 14 p. (Serie Encuestas no. 363). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2021-01/Informe%20PapaPrim2020.pdf>
45. \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. 2021. Encuesta de papa: "otoño 2021". (en línea). Montevideo. 12 p. (Serie Encuestas no. 366). Consultado 15 jun. 2022. Disponible en [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2021-05/PublicacionPapaOto%20B1o2021\\_final.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/2021-05/PublicacionPapaOto%20B1o2021_final.pdf)
46. Millán, J.; Díaz, A.; Ackermann, M. 2021. Actualización y revisión de la estructura de costos de producción de Horticultura y Fruticultura. (en línea). Montevideo, MGAP. 61 p. Consultado 15 oct. 2022. Disponible en [https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/2020%20E\\_20\\_02\\_Actualizaci%C3%B3n%20de%20costos%20hortifrut%C3%ADcolas\\_%20Mills%20Ackermann\\_1.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/sites/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/files/documentos/publicaciones/2020%20E_20_02_Actualizaci%C3%B3n%20de%20costos%20hortifrut%C3%ADcolas_%20Mills%20Ackermann_1.pdf)
47. Modernel, P. 2009. Guía para la protección y fertilización vegetal. 11a ed. Canelones, Sata. 499 p.
48. Molina, J.; Santos, B.; Aguilar, L. 2004. Manejo integrado de plagas: guía manejo integrado de plaga en el cultivo de papa. (en línea). Managua, INTA. 60 p. Consultado 23 jun. 2022. Disponible en <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
49. Montesdeoca, F. 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. (en línea). Quito, INIAP. 40 p. Consultado feb. 2023. Disponible en [https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Guia\\_produccion\\_uso\\_semilla.pdf](https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Guia_produccion_uso_semilla.pdf)
50. Muthoni, J.; Shimelis, H.; Melis, R. 2013. Alleviating potato seed tuber shortage in developing countries: potential of true potato seeds. Australian Journal of Crop Science. 7(12): 1946 - 1954.

51. Otazú, V.; Chuquillanqui, C. 2007. Producción de semilla de papa de calidad por aeroponía. In: Lafrose, C. ed. Alternativas al uso del bromuro de metilo en la producción de semilla de papa de calidad. Lima, CIP. pp. 35 - 45.
52. \_\_\_\_\_. 2010. Manual on quality seed potato production using aeroponics. (en línea). Lima, CIP. 46 p. Consultado ago. 2022. Disponible en <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005447.pdf>
53. Samuelle, J. 2019. Por qué habrá papa buena, bonita y barata todo el año. (en línea). El Observador, Montevideo, UY, ago. 14: s.p. Consultado 14 dic. 2022. Disponible en <https://www.elobservador.com.uy/nota/por-que-habra-papa-buena-bonita-y-barata-todo-el-ano-201981316586>
54. Simmonds, N. W. 1997. A Review of potato propagation by means of seed as distinct from clonal propagation by tubers. Potato Research. 40: 191 - 214
55. SINAVIMO (Sistema Nacional Argentino de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, AR). 2020. Alfalfa Mosaic virus. (en línea). Buenos Aires. s.p. Consultado 15 ago. 2022. Disponible en <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/alfalfa-mosaic-virus>
56. Sotomayor, L.; Méndez, P. 2009. Técnicas de multiplicación rápida en papas. (en línea). In: Méndez, P.; Inostroza, J. eds. Manual de papa para la Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje. (en línea). Temuco, INIA. pp. 107 - 116. (Boletín INIA no. 194). Consultado 1 mar. 2022. Disponible en <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7299/NR36512.pdf?sequence=12&isAllowed=y>
57. Stokstad, E. 2019. The new potato: breeders seek a breakthrough to help farmers facing an uncertain future. (en línea). Science. 363(6427): 574 - 577. Consultado feb. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1126/science.363.6427.574>
58. Van Dijk, L.; Lommen, W.; Vries, M.; Kacheyo, O.; Struik, P. 2020. Hilling of transplanted seedlings from novel hybrid true potato seeds does not enhance tuber yield but can affect tuber size distribution. (en línea). Potato Research. 64: 353 - 374. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09481-x>

59. Vilaró, F. 2008. Disponibilidad en semillas de papa: alternativas para su abastecimiento. Revista INIA. no. 14: 39 - 41.
60. Zotarelli, L.; Hutchinson, C.; Byrd, S.; Gergela, D.; Rowland, D. 2019. Trastornos fisiológicos de la papa: grietas de crecimiento. (en línea). Florida, University of Florida Extension. s.p. Consultado 29 nov. 2022. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1211>