



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

# ANTECEDENTES PARA LA **PRODUCCIÓN DE PAPAS** EN MAGALLANES



ISSN 0717-4829

Editora:  
Carolla Martínez A.

**BOLETÍN INIA - N°396**







INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ANTECEDENTES PARA LA  
**PRODUCCIÓN DE PAPAS**  
EN MAGALLANES



Editora:  
Carolla Martínez A.

**BOLETÍN INIA - N°396**

ISSN 0717-4829

Este boletín técnico compila información vinculada a la producción de papas y entrega los principales resultados obtenidos en el marco del programa FONDEMA “Recuperación de la producción y sanidad de la papa en Magallanes”, código Bip 30211122-0, financiado por el Gobierno Regional de Magallanes y ejecutado por INIA Kampenaike, durante los años 2015-2018.

**Editora:**

**Carolla Martínez Aguilar**

Ingeniero Agropecuario, Investigadora INIA Kampenaike

**Director Responsable:**

**Francisco Sales Zlatar**

Médico Veterinario Ph.D. Director Regional INIA Kampenaike

**Cita Bibliográfica correcta:**

Martínez, C. (Ed). 2018. Antecedentes para la producción de papas en Magallanes. Boletín N°396. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Punta Arenas, Chile. 304 p.

© 2018. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA Kampenaike. Angamos N° 1056, Punta Arenas, Chile. Casilla 277, Punta Arenas, Chile. Tel.: 56-61-242322, ISSN 0717-4829

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

**Comité editor:**

Francisco Sales Z. y Adriana Cárdenas B.  
INIA Kampenaike

**Diseño y diagramación:**

Gabriel Quilahuilque.

Impresión: La Prensa Austral.

Cantidad de ejemplares: 1.000

Punta Arenas, Chile-2018



## AUTORES:

**Carolla Martínez A.**

Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaïke  
carolla.martinez@inia.cl

**Brattian Estefó E.**

Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaïke  
brattian.estefo@inia.cl

**Ivette Acuña B.**

Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
INIA Remehue  
iacuna@inia.cl

**Patricio Sandaña G.**

Ingeniero Agrónomo M.Cs. Dr.  
INIA Remehue  
patricio.sandana@inia.cl

**Claudio Pérez C.**

Ingeniero Agrónomo M.S. Ph.D.  
INIA Kampenaïke  
cperez@inia.cl

**Julio Kalazich B.**

Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
INIA Remehue  
jkalazic@inia.cl

**Marco Uribe G.**

Técnico Agrícola  
INIA Remehue  
muribe@inia.cl

**Zlowenka Basic V.**

Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaïke  
zlowenka.basic@inia.cl

**Andrés France I.**

Ingeniero Agrónomo M.S.c., Ph.D.  
INIA Quilamapu  
afrance@inia.cl

**Ernesto Cisternas A.**

Ingeniero Agrónomo Dr.  
INIA La Cruz  
ecistern@inia.cl

**Hamil Uribe C.**

Ingeniero Civil Agrícola M. Cs. Dr.  
INIA Quilamapu  
huribe@inia.cl

# INDICE DE CONTENIDOS

|                        |                                                                                                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capítulo I<br>Autor    | Antecedentes generales del cultivo de papas ..... 15<br>Julio Kalazich B.                               |
| Capítulo II<br>Autores | Morfología y fisiología de la planta ..... 31<br>Patricio Sandaña G.<br>Carolla Martínez A.             |
| Capítulo III<br>Autor  | Condiciones agroclimáticas de Magallanes ..... 47<br>Claudio Pérez C.                                   |
| Capítulo IV<br>Autores | Variedades de papas ..... 63<br>Carolla Martínez A.<br>Brattian Estefó E.                               |
| Capítulo V<br>Autores  | Calidad del tubérculo semilla ..... 89<br>Brattian Estefó E.<br>Carolla Martínez A.                     |
| Capítulo VI<br>Autores | Elección de sitio, preparación de suelo y aporca ..... 101<br>Brattian Estefó E.<br>Carolla Martínez A. |
| Capítulo VII<br>Autor  | Plantación y establecimiento del cultivo de papas 125<br>Carolla Martínez A.                            |





|               |                                                                               |     |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Capítulo VIII | Fertilización y requerimientos nutricionales del cultivo                      | 153 |
| Autor         | Patricio Sandaña G.                                                           |     |
| Capítulo IX   | Requerimientos hídricos y manejo del riego en el cultivo de papas             | 173 |
| Autor         | Hamil Uribe C.                                                                |     |
| Capítulo X    | Principales insectos-plaga asociados al cultivo de papas en Magallanes        | 193 |
| Autor         | Ernesto Cisternas A.                                                          |     |
| Capítulo XI   | El nemátodo quiste de la papa, una plaga cuarentenaria presente en Magallanes | 211 |
| Autores       | Andrés France I.<br>Carolla Martínez A.                                       |     |
| Capítulo XII  | Enfermedades del cultivo de papa presentes en Magallanes                      | 223 |
| Autor         | Ivette Acuña B.                                                               |     |
| Capítulo XIII | Cosecha y almacenamiento de papas                                             | 255 |
| Autores       | Marco Uribe G.<br>Carolla Martínez A.                                         |     |
| Capítulo XIV  | Mercado y rentabilidad del cultivo de papas en Magallanes                     | 277 |
| Autor         | Zlowenka Basic V.                                                             |     |









## PRÓLOGO

La Región de Magallanes y Antártica Chilena es una de las regiones más extensas del país. Reconocida mundialmente por sus bellezas naturales, destaca por su aislamiento natural del resto del territorio nacional y por su cultura, la que ha sido moldeada a lo largo de la historia a través de diferentes migraciones.

Las migraciones, tanto nacionales, como extranjeras, fueron las que sentaron las bases del desarrollo económico de la región, el que desde sus inicios estuvo ligado al sector agropecuario. La llegada de los primeros ovinos, para ser posteriormente seguidos por la importación de vacunos, fue forjando el desarrollo ganadero de la región, el que se complementó con la producción agrícola. Primero como una necesidad para proveer de hortalizas y algunos frutos a cada una de las estancias, para posteriormente, transformarse en un sector pujante y ligado a las áreas periurbanas, el que fue creciendo, en la medida que la población aumentaba en Magallanes. Es en este sector, el sector agropecuario, donde radica y se han volcado todos los esfuerzos para lograr tanto la seguridad, así como soberanía alimentaria, que den cuenta de las necesidades de Magallanes por alimentos frescos y seguros.

El sector agrícola se ha caracterizado porque su oferta está compuesta principalmente por la importación de frutas y verduras desde el resto del país. Sin embargo, la agricultura regional ha ido ganando espacio durante los últimos años, existiendo una clara demanda insatisfecha por productos regionales, que abre una gran oportunidad para un mayor crecimiento del



sector hortícola. Por otra parte, se debe destacar que el sector, al estar fuertemente ligado a la Agricultura Familiar Campesina, cumple un rol social relevante, por lo que los procesos de innovación productiva y tecnológica, son necesarios para mejorar la calidad de vida de todos los productores, que con su esfuerzo

buscan ganarse un espacio en el mercado y, donde su producto, va en directo beneficio de la comunidad en su conjunto.

Como se mencionó anteriormente, el acervo cultural de la región es muy particular, e incorpora productos agrícolas que les son propios. Dentro de éstos, la papa ocupa un lugar muy importante, representando actualmente, casi el 50% de la superficie cultivada en Magallanes. Sin embargo, la superficie plantada de papas había venido disminuyendo, dado los bajos rendimientos obtenidos, a causa de las condiciones climáticas extremas propias de la región y a la falta de papa semilla sanitariamente adecuada; lo que sumado a una baja y/o nula aplicación de tecnología más la presencia de una enfermedad cuarentenaria causada por el nemátodo pálido de la papa "*Globodera pallida*", llevaron a disminuir la superficie cultivada de 133 a solamente 13 hectáreas, que no dan cuenta de la demanda local, tanto por la limitada superficie, como por los bajos niveles de producción, los que estaban lejos del potencial del cultivo.

Entendiendo la relevancia del cultivo de la papa, es que nace el programa "Recuperación de la producción y sanidad de la papa en Magallanes". Este programa, financiado por el Gobierno Regional, fue una iniciativa de INIA, que buscó revertir el proceso de baja productiva que venía experimentando la producción local de papa. El proyecto buscaba cumplir una serie de objetivos que permitieran recuperar la producción de papas en Magallanes, mediante la evaluación aplicada de tecnologías, que permitieran entender el efecto tanto técnico, como productivo y económico del riego, fertilización y uso de cortinas cortavientos. Además, y con el fin de poder ampliar el abanico de posibilidades para los productores, en términos de tipos de



papas producidas, se introdujeron y evaluaron diferentes variedades de papa INIA, las que fueron comparadas con la variedad históricamente producida en la región. Sin embargo, no solo basta con evaluar variedades y tecnologías aisladas, sino que el proyecto se preocupó de desarrollar propuestas, mediante la determinación del mejor manejo agronómico, que permitió generar un paquete tecnológico para las condiciones de Magallanes. Por último, el proyecto fue capaz de llegar anualmente a más de 100 productores, principalmente de la AFC mediante la entrega de papa semilla certificada. Estos productores y hay que mencionar, en su mayoría productoras, pudieron comprobar que el uso de semilla de papa certificada producida por INIA, sumado a la preocupación por plantar en predios libres de nemátodo, gracias al apoyo del SAG, y la aplicación de las recomendaciones, les permitía el aumento de los rendimientos actuales, de 6 a sobre 30 toneladas por hectárea, lo que estamos seguros, significó un cambio positivo en sus vidas.



Por último, el desarrollo de capacidades en INIA, el fuerte compromiso por la transferencia y el gran apoyo del Gobierno Regional de Magallanes, nos permiten decir con tranquilidad que la información que se presenta en este boletín permitirá transferir al productor los conocimientos que le permitan dar el salto productivo que aseguren una mayor producción, de manera sustentable, inocua y que sea un aporte más a la agricultura de la región y a la gente de Magallanes.









## AGRADECIMIENTOS

Al Gobierno Regional de Magallanes que, a través del Fondo de Desarrollo de Magallanes, FONDEMA, confió, financió y apoyó una propuesta llena de desafíos, que actualmente permite desarrollar el presente Boletín.

A Carolla Martínez, Brattian Estefó, Fernando Delgado y Daniel Barrientos, equipo técnico del programa, quienes fueron el pilar fundamental para el desarrollo y ejecución de esta iniciativa. Gracias por ser un equipo leal y comprometido.

A nuestros asesores Ivette Acuña, Sandra Orena, Patricio Sandaña, Julio Kalazich, Manuel Muñoz, Ernesto Cisternas, Andrés France, Marco Uribe, Carolina Folch y Hamil Uribe, por su apoyo y compromiso para el logro de los objetivos planteados.

A nuestros productores y productoras asociados, quienes, de manera incondicional, creyeron y confiaron en los profesionales que ejecutaron el programa, demostrando siempre su compromiso y participación en las actividades desarrolladas.

A Valerie Couve, Jefa Técnica de PRODESAL y Sebastián Acosta, ex Jefe Técnico de PRODESAL, por su constante apoyo y participación en el programa, que hicieron posible la ejecución de dicha iniciativa en las comunas de Porvenir y Cabo de Hornos.

A Ricardo Ruíz, Encargado Sectorial Agrícola, SAG Magallanes, quien fue parte fundamental en el desarrollo del corazón del programa, la producción de papa semilla certificada.

Al Dr. Marcelo González, Jefe del Departamento Científico del INACH, por su apoyo en la facilitación del laboratorio de Biología Molecular, para la extracción de ADN.

Al gran equipo administrativo de INIA Kampenaike, Carlos Mella, Adriana Cárdenas, Jacqueline Barría, Zlowenka Basic, Palmenia Cárdenas y a todos aquellos que de alguna manera participaron en la ejecución del programa.







# Capítulo I

## Antecedentes generales del cultivo de papa

### Autor:

Julio Kalazich B.  
Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
INIA Remehue

### ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

La papa se originó hace unos 10.000 años en los alrededores del Lago Titicaca, en lo que hoy es territorio peruano, siendo cultivada, a partir de sus ancestros silvestres, hace unos 7.000 años (CIP, 2008). Desde allí, la papa fue llevada a todos los rincones del continente americano, incluido Chile. Nuestro país, y en particular el Archipiélago de Chiloé, se reconoce como un subcentro de origen de la papa y del origen de la especie *Solanum tuberosum* subespecie *tuberosum*, que es la que hoy se cultiva en días largos en todo el mundo, no existiendo aún certeza sobre qué especies la originaron.

Desde Perú, la papa fue primero llevada a Europa, vía España, en 1567 y desde allí al resto de Europa (CIP, 2008). Uno de los grandes problemas que tuvo esta papa en Europa fue su baja adaptación a producir en los días largos (más de 14 horas vs. menos de 11 horas de la zona andina). De ahí que cuando la papa chilena fue llevada a Europa en 1811 (Ames y Spooner, 2008), desplazó rápidamente a la papa andina, principalmente porque la papa chilena venía de los días largos de Chiloé, muy similares



a los de Europa. Desde allí pasó a India, China y a todos los continentes. De acuerdo a investigaciones realizadas en la última década con modernas técnicas moleculares, se ha podido determinar que alrededor del 99% de las variedades que se cultivan en el mundo descenden de la papa chilena (Ames y Spooner, 2008).

Hoy, la papa constituye el cuarto cultivo alimenticio en el mundo, con más de 380 millones de toneladas producidas anualmente, siendo los principales países productores: China, India y Rusia, ubicados entre los 10 primeros (FAO, 2018 y FAOSTAT, 2016). Sin embargo, China es por lejos el mayor productor de papa del mundo, cultivando la papa en casi 6 millones de hectáreas de las algo más de 19 millones de hectáreas totales, es decir, cerca del 30% del área cultivada en el mundo (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Principales países productores de papa en el mundo (toneladas), 2016.

|           | <b>País</b>    | <b>Toneladas de papas</b> |
|-----------|----------------|---------------------------|
| <b>1</b>  | <b>China</b>   | <b>99.122.400</b>         |
| <b>2</b>  | India          | 43.770.000                |
| <b>3</b>  | Rusia          | 31.107.800                |
| <b>4</b>  | Ucrania        | 21.750.300                |
| <b>5</b>  | Estados Unidos | 19.991.000                |
| <b>6</b>  | Alemania       | 10.772.100                |
| <b>7</b>  | Bangladesh     | 9.474.100                 |
| <b>8</b>  | Polonia        | 8.872.440                 |
| <b>9</b>  | Francia        | 6.834.680                 |
| <b>10</b> | Holanda        | 6.534.340                 |

Fuente: FAO, 2018 y FAOSTAT, 2016.

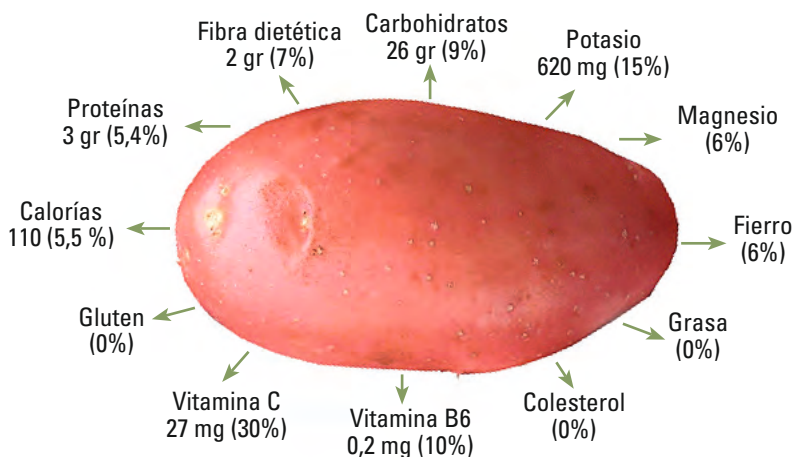
Una de las grandes razones del éxito de este cultivo en el mundo, está en su gran productividad de alimento por hectárea (energía, proteína, vitaminas y minerales más que ningún otro cultivo), siendo por lo tanto un alimento muy completo. Además, por m<sup>3</sup> de agua consumida, la papa produce casi 3 veces más calorías que el arroz, 2,5 veces más calorías que el trigo y 1,5 veces más que el maíz. Con el mismo metro cúbico, la papa brinda 150 gramos de proteína (el doble que el maíz y el trigo) y 540 mg de calcio, el doble que el trigo y cuatro veces lo que ofrece el arroz (FAO, 2008).



## EL VALOR ALIMENTICIO DE LA PAPA

Como ya se mencionó, la papa es un alimento muy completo. De acuerdo a la nueva etiqueta nutricional, aprobada en Estados Unidos (Potatoes USA, 2017), la papa tiene un muy buen balance energía-proteína. La estimación para un consumo de 150 gr de papa (que equivalen al consumo promedio diario de un chileno adulto), es que aporta el 5,5% de calorías y un 5,4% de proteínas (basado en un consumo diario de 2.000 calorías). Además, contrario a la creencia popular, el porcentaje de calorías indicado es bajo (equivale a 110 calorías, un tercio de lo que aporta la misma cantidad de pan de trigo).

La papa no contiene grasa, ni colesterol, ni sodio, y solo contiene menos de 1 gramo de azúcar en esos 150 gr. Sumado a lo anterior, los 150 gr diarios de papa aportan entre otros, el 30% de las necesidades de vitamina C, el 10% de la vitamina B6, el 15% del potasio, el 7% de fibra y no contiene gluten. La Figura 1 muestra un resumen del contenido alimenticio de la papa.



**Figura 1.** Contenido de nutrientes de una papa de 150 gr. consumo medio diario de un chileno adulto, basado en un consumo diario de 2.000 calorías (FDA, 2018; Potatoes USA, 2018).

## LA PAPA EN CHILE

La papa hoy es plantada en Chile en casi 50.000 ha, y en el promedio de los últimos 5 años se han producido 1.159.795 toneladas, lo que la transforma en el cuarto cultivo en importancia en el país, en términos de superficie

(después del trigo, avena y maíz) y el tercero en términos de cantidad producida (después de la remolacha y del trigo). Pero es el segundo como alimento para la población después del trigo (Tapia, 2018).

La papa es producida prácticamente en todo el país, desde los valles y zonas altas de la región de Arica y Parinacota, hasta la región de Magallanes. No obstante, en las zonas geográficamente extremas, la producción se realiza en pequeñas superficies, representando solo el 1,6% del área nacional del cultivo (aunque de gran importancia estratégica local, como por ejemplo, Magallanes) y el 0,6% de la producción, de acuerdo al VII Censo Agropecuario del 2007 (INE, 2007), concentrándose el grueso del área y producción entre las regiones de Coquimbo y los Lagos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Superficie, producción y rendimiento de la papa en las distintas regiones de Chile<sup>1</sup>.

| Regiones                                      | Superficie (ha) | Producción (ton) | Rendimiento (T/ha) |
|-----------------------------------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| Arica y Parinacota y de Tarapacá <sup>2</sup> | 94              | 138              | 14,7               |
| Antofagasta                                   | 5               | 22               | 4,9                |
| Atacama                                       | 263             | 3.610            | 13,7               |
| Coquimbo                                      | 2.129           | 52.036           | 24,4               |
| Valparaíso                                    | 1.211           | 17.565           | 15,1               |
| Metropolitana                                 | 4.245           | 83.738           | 19,9               |
| O'Higgins                                     | 1.523           | 22.172           | 14,5               |
| Maule                                         | 4.096           | 71.789           | 17,4               |
| Biobío                                        | 8.696           | 142.181          | 16,4               |
| La Araucanía                                  | 14.238          | 336.595          | 24,0               |
| Los Ríos                                      | 3.556           | 101.021          | 29,0               |
| Los Lagos                                     | 9.285           | 326.175          | 34,7               |
| Aysén                                         | 185             | 1.925            | 10,4               |
| Magallanes y Antártica Chilena                | 133             | 829              | 6,2                |
| <b>TOTAL</b>                                  | <b>49.658</b>   | <b>1.159.795</b> | <b>23,4</b>        |

<sup>1</sup> Cifras de regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta, Atacama, Aysén y Magallanes corresponden al VII Censo Nacional Agropecuario del 2007 (INE, 2007). Las cifras del resto de las regiones corresponden al promedio de 5 temporadas (2013-14 al 2017-18) (Tapia, 2018).

<sup>2</sup> Cifras de las regiones de Arica y Parinacota y de Tarapacá corresponden al Censo Agropecuario del 2007, que ese año estaban juntas como región de Tarapacá.

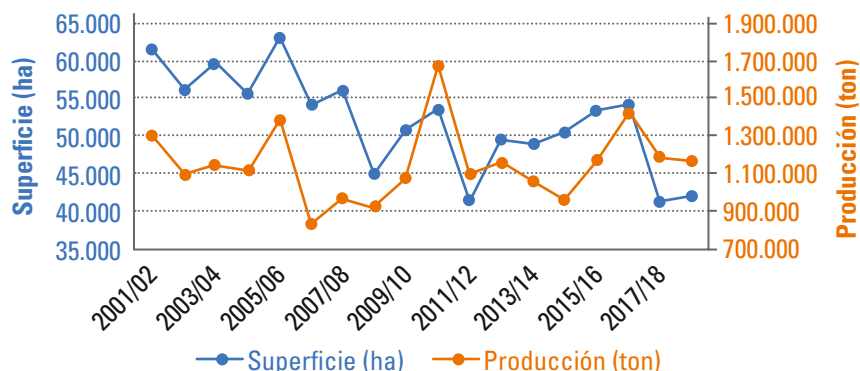




En el Cuadro 2 se puede ver que a medida que avanzamos hacia el sur, crece la superficie y la producción de papa, siendo las regiones de la Araucanía, Los Lagos y del Biobío las más plantadas y teniendo también las mayores producciones en el mismo orden. En estas regiones hay una mejor condición climática para el cultivo de la papa, generándose también los mayores rendimientos. El aumento del rendimiento observado en las regiones del sur en los últimos años, también ha estado influenciado por el incremento en el uso de riego y ha habido un cambio importante de variedades en la última década en el país, que también implica un uso mayor de semilla de calidad, unido al mayor potencial de rendimiento de las nuevas variedades. También, en estas regiones ha aumentado el número de productores grandes, que usan alta tecnología. Sin embargo, en términos generales, la producción de papa sigue estando mayoritariamente en manos de pequeños productores.

Del Gráfico 1, se puede concluir que hay una tendencia a la baja en la superficie plantada con papa y una leve tendencia al aumento de la producción, ajustada por el aumento de rendimiento que se observa en esta serie de años (datos no mostrados). Este aumento productivo no alcanza a empatar con el aumento de la población, por lo que se podría concluir que el consumo de papa ha ido a la baja. Sin embargo, en los últimos 6-7 años ha habido un constante aumento de papa “importada” que el 2017 llegó prácticamente a las 100.000 toneladas, en su gran mayoría procesada, que equivale a más de 250.000 toneladas de papa fresca (Tapia, 2018, cifras no mostradas), por lo que se puede finalmente concluir que el consumo de papa no ha bajado, sino se ha mantenido más o menos constante en unos 50 Kg/hb/año.

**Gráfico 1.** Evolución anual de la superficie y producción de papa en Chile entre el 2001 y el 2018.



Fuente: elaborado por Odepa con información del INE.

\*La temporada 2018/19 se proyectó con la superficie del estudio de intención de siembra de julio de 2018 y el promedio del rendimiento de las últimas dos temporadas.

## PRINCIPALES TIPOS Y ZONAS DE PRODUCCIÓN

### PAPA DE GUARDA

Es un tipo de producción que se caracteriza por hacer una producción al año y va desde la región del Biobío al sur, y como su nombre lo indica, gran parte de la producción debe almacenarse para ir entregando la papa al mercado, distribuyéndola entre marzo y septiembre principalmente.

La época de plantación más típica de este tipo de cultivo, va desde mediados de agosto en Biobío, hasta fines de octubre en Chiloé, fechas que se han ido ajustando (y deberá seguir haciéndose), por la influencia del cambio climático. No obstante, dentro de esta macrozona, hay áreas dedicadas a la producción de primores, particularmente en zonas costeras de las regiones del Biobío y de la Araucanía y también en algunas islas del archipiélago de Chiloé, con plantaciones más tempranas.

Este tipo de producción de papa de guarda que abarca esta amplia zona, representa alrededor del 65% del área plantada con papa y más del 75% de la producción nacional (Cuadro 2). En esta área, la producción es mayoritariamente de secano, aunque en la última década el uso de



riego se ha incrementado fuertemente, principalmente en las regiones del Biobío y la Araucanía. También, en esta zona, la producción de papa está mayoritariamente en manos de pequeños productores, aunque en la última década se ha observado un incremento de la superficie media de productores medianos y grandes, lo que se ha traducido en la obtención de mayores rendimientos, particularmente en las regiones de Los Ríos y Los Lagos. En estas dos regiones, se concentra la producción de materia prima para papa chips, cuyos productores en su mayoría son grandes, que producen bajo contrato y usan alta tecnología. Esta macrozona de papa de guarda se caracteriza también por tener la totalidad de la producción de semilla del país.

### PAPA PRIMOR O TEMPRANA

Como su nombre lo indica, se caracteriza por la producción de papa fresca y tierna en un período fuera de la época de cosecha tradicional, desarrollando cultivos en otoño e invierno para obtener cosechas tempranas a principios de primavera y verano. Se caracteriza porque el 100% de la cosecha es enviado directamente al mercado desde el mismo campo, sin pasar por almacenamiento.

En general, las épocas de producción de primores están orientadas por las necesidades del mercado y también de acuerdo a la característica climática del área donde se planta, que pueda permitir un crecimiento del cultivo sin mayores restricciones. Las principales áreas de producción son las regiones





de Coquimbo, Valparaíso, O'Higgins, Maule y Metropolitana, aunque también hay pequeñas áreas en la región de Atacama, Biobío, Araucanía y Los Lagos (Chiloé).

La región de Coquimbo, por condición climática puede producir papas todo el año. Sin embargo, la mayor cosecha de primores se genera entre agosto y septiembre con plantaciones en marzo y abril. En las fechas de cosecha indicadas, el mercado de Santiago registra los mayores precios (se agota la existencia de papa de guarda en el sur), que es el mayor factor orientador para producir en esta época. En general, en las regiones de Valparaíso, O'Higgins,

Maule y Metropolitana, la producción de primores se hace con plantaciones en julio y agosto y cosecha entre octubre y diciembre. En algunas zonas, como la región Metropolitana y O'Higgins, existe la producción de primores conocida como la "papa cuaresmera", que se planta desde mediados de enero y febrero, con cosechas en mayo y junio. Normalmente, esta producción se realiza como segunda cosecha, utilizando como tubérculo semilla, aquella papa producida como primor, la que fue cosechada en noviembre y diciembre del año anterior.

Generalmente, el rendimiento que se alcanza con papa cuaresmera es menor que en la cosecha de noviembre y diciembre, debido fundamentalmente a problemas fisiológicos derivados de la latencia que presenta el tubérculo semilla utilizado. Además, en esta época se desarrolla el cultivo con temperaturas diurnas muy altas, que pueden alcanzar hasta 35°C, afectando el normal desarrollo del cultivo, y con ello el rendimiento.

### PAPA SEMILLA

El área geográfica para producción de tubérculo semilla en el país está determinada por una normativa específica del SAG (Servicio Agrícola y Ganadero del Ministerio de Agricultura) ([www.sag.cl/semillas](http://www.sag.cl/semillas)), que es el organismo rector para la fiscalización del proceso de producción de tubérculos semilla de papa certificada y corriente.

Esta área comprende desde la provincia de Arauco, región del Biobío por el norte, hasta la región de Magallanes por el sur y está determinada por la condición climática y por la sanidad de la zona, principalmente por presentar temperaturas y humedad que garantizan una menor presencia y vuelo de áfidos, que son vectores de las principales enfermedades virosas como el virus Y de la papa (PVY) y el virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV), los que disminuyen su actividad de norte a sur. También, esta zona debe estar libre de enfermedades y plagas cuarentenarias (EPC) específicas (*Ralstonia solanacearum*, marchitez bacteriana; *Thecaphora solani*, carbón de la papa; *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*, nemátodos dorado y pálido). Actualmente, existen focos de algunas de estas EPC en varias regiones del área libre, no obstante, los focos existentes se encuentran bajo cuarentena, por lo que esta zona completa mantiene la condición sanitaria de zona libre. La única región dentro de esta área geográfica que no presenta EPC es la región de Aysén.

La producción de tubérculo semilla es una actividad altamente especializada, por lo que solo algunos productores de papa la realizan, puesto que requiere de conocimientos bien específicos y contar con infraestructura y equipamiento para realizar esta labor. Actualmente, se registran anualmente unas 850 ha de semilla certificada en el país en todas sus etapas y unas 1.500 ha de semilla corriente (SAG, 2018, comunicación personal), las que generan unas 33.000 toneladas de semilla, que abastecen alrededor de un 18% de las necesidades anuales de semilla de papa del país. Estas necesidades se estiman en unas 180.000 toneladas para realizar las casi 50.000 ha de papa que se plantan anualmente (Cuadro 2).

La principal región productora de tubérculo semilla de papa certificada y corriente en el país es la región de Los Lagos, la que produce más del 90% de esta semilla.

El bajo porcentaje de uso de tubérculo semilla certificada en el país es el principal determinante del bajo rendimiento promedio obtenido en el país (Cuadro 2). El uso de tubérculo semilla certificada es el principal factor que se debe considerar al planificar el cultivo de papa. Su uso garantiza un buen resultado en el cultivo al compararlo con un cultivo producido con tubérculo semilla de mala calidad o sin trazabilidad. Hoy, más que nunca por la presencia de EPC en la zona semillera del país, es importante tener presente la importancia del uso de tubérculo semilla certificada, la que cuenta con el respaldo de su trazabilidad y fiscalización oficial por el SAG.



## VARIEDADES DE PAPA CULTIVADAS EN CHILE

En Chile, las variedades de papa para su cultivo y comercialización, se deben registrar en el SAG. Existen cuatro tipos de registros:

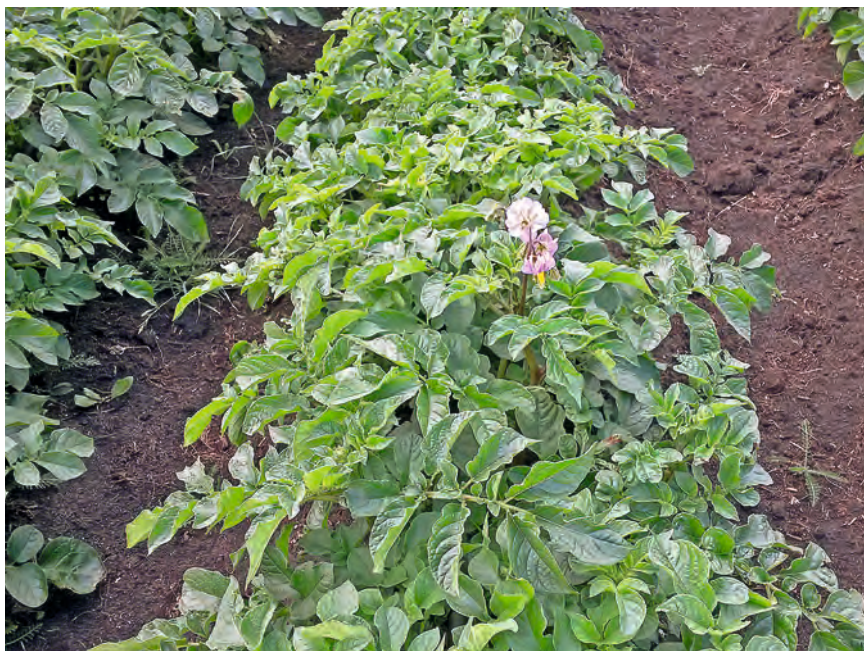
- Variedades de Papa Descritas (RVPD)
- Variedades Descritas Histórico (RVPDH)
- Variedades Protegidas (RVP)
- Variedades Aptas para Certificación (RVAC)

El RVPD cuenta hoy con ochenta y nueve variedades y el RVPDH con doscientas setenta y cinco. Para que una variedad pueda ser comercializada en Chile, deben estar en el RVAC. Actualmente, en el RVAC hay treinta y cuatro variedades de papa, de las cuales han sido nueve desarrolladas en Chile y el resto son variedades desarrolladas en el extranjero, por las principales casas desarrolladoras de variedades del mundo, como HZPC y Agrico de Holanda, Europlant, KWS y Solana de Alemania, entre otras. En el RVP, hay treinta y dos variedades de papa, de las cuales siete son chilenas (cuatro del INIA y tres de Novaseed) (SAG 2018). No todas las variedades en el RVP están en el RVAC.

**Cuadro 3.** Principales variedades producidas en Chile, de acuerdo a su venta en las principales ferias mayoristas.

| Variedades de papa | Volumen (T) papa consumo fresco<br>ventas ferias mayoristas de Chile |                |                |                |                | Promedio (%) | Promedio (%) |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|
|                    | 2013                                                                 | 2014           | 2015           | 2016           | 2017           | 2017         | 2013-2017    |
| Patagonia INIA     | ----                                                                 | <b>2.181</b>   | <b>2.955</b>   | <b>23.482</b>  | <b>51.337</b>  | <b>28,4</b>  | <b>10,1</b>  |
| Asterix            | 47.429                                                               | 38.292         | 41.747         | 51.045         | 36.063         | 19,9         | 27,0         |
| Rosara             | ----                                                                 | 777            | 1.996          | 7.603          | 24.444         | 13,5         | 4,4          |
| Pukará INIA        | 34.264                                                               | 19.371         | 24.550         | 24.695         | 21.708         | 12,0         | 15,7         |
| Karú INIA          | 41.457                                                               | 27.130         | 23.335         | 22.068         | 18.817         | 10,4         | 16,7         |
| Cardinal           | 3.262                                                                | 10.589         | 17.310         | 16.031         | 15.317         | 8,5          | 7,9          |
| Rodeo              | 3.499                                                                | 22.929         | 23.180         | 18.337         | 12.704         | 7,0          | 10,1         |
| Desiree            | 25.223                                                               | 18.071         | 9.860          | 2.888          | 355            | 0,2          | 7,1          |
| Yagana INIA        | 1.378                                                                | 2.325          | 609            | 1.511          | ----           | ----         | 0,7          |
| <b>TOTAL (T)</b>   | <b>156.512</b>                                                       | <b>141.866</b> | <b>146.041</b> | <b>168.681</b> | <b>180.745</b> |              |              |

Fuente: ODEPA, 2018; elaboración propia.



Es interesante notar que 3 de las 6 variedades de INIA que están entre las 34 variedades del RVAC, representaron el 50,2% del total de ventas de los 10 principales mercados mayoristas del país el 2017 (Cuadro 3), y estas 3 variedades se ubican entre las 5 más plantadas. Estas cifras son oficiales y fueron extraídas de la base de datos de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura (ODEPA, 2018). De acuerdo a estas cifras, la principal variedad hoy en Chile es Patagonia INIA con un 28,4% del mercado, a la que le sigue Asterix (Holanda) con el 19,9%, Rosara (Alemania) con el 13,5%, Pukará INIA con el 12,0% y Karú INIA con el 10,4%.

Es interesante notar la evolución de la variedad Patagonia INIA, la que al 2013 aun no registraba ventas y el 2017 ya alcanzó el 28,4% de estas, con más de 50.000 toneladas vendidas.

El INIA ha continuado liberando nuevas variedades, entre ellas Puyehue INIA, la que en los próximos años se espera que también esté en esta lista de variedades más cultivadas en el país y en el propio Magallanes, ya que en ensayos realizados por INIA se ha mostrado como una alternativa muy promisorio. Las variedades más cultivadas hoy en Magallanes son Patagonia

INIA, Desiree, Yagana INIA y un grupo de variedades nativas de Chiloé, las que son cultivadas principalmente por agricultores del cordón hortícola en Punta Arenas.



### LA PAPA EN MAGALLANES

De acuerdo al último Censo agropecuario del país realizado, el 2007 (INE, 2007), en Magallanes se plantaban 133 ha y se producían 829 toneladas con un rendimiento de 6,2 toneladas por ha. De acuerdo al último Censo de población de 2017, Magallanes tendría una población de 166.533 habitantes (INE, 2018).

Si aplicamos el mismo consumo per cápita promedio del país de 50 Kg/hb/año, Magallanes requeriría al menos 8.300 toneladas disponibles para consumo humano, y es muy posible que el consumo per cápita de Magallanes sea más alto que el resto del país. A lo anterior, hay que agregar el gran flujo turístico de la región de Magallanes, el que al 2014 duplicaba con creces su población (SERNATUR, 2015). Por otro lado, estudios recientes realizados en Magallanes, indican que la superficie plantada con papa en los últimos años se ha reducido en forma dramática a 13 ha (SEREMI-BTA, 2015). La



cifra anterior indica que hoy, más del 95% de la papa requerida para el consumo de Magallanes, se importa de las regiones de Los Lagos al norte.

Unido a lo anterior, hoy Magallanes tiene la presencia de una de las plagas más graves que tiene este cultivo a nivel mundial, el nemátodo pálido (*Globodera pallida*). La forma más importante de terminar con ese problema, es usar tubérculo semilla certificada libre de esta plaga, puesto que este es el principal vehículo de contaminación de suelos libres del nemátodo (por la tierra que lleva adherida el tubérculo semilla). Por todo lo anterior, es desafortunado que Magallanes no tenga más oferta de papa local, teniendo todas las condiciones para ello. Magallanes puede y debe revertir esta situación por muchas razones, entre otras para entregar una seguridad alimentaria y una oferta de alimento de calidad a su población y al turista que llega a la zona, el que demanda ese tipo de servicio, y para asegurar el mantenimiento de esta región libre de plagas y enfermedades graves.

Para tener un 100% de abastecimiento con producción local, se requerirían entre 300 y 500 ha de papa (dependiendo del rendimiento que se logre), lo que sería plenamente alcanzable con un plan regional que aborde esta situación. Ese plan afortunadamente ya está en marcha a través de INIA Kampenaike, institución que está ejecutando el programa “Recuperación de la producción y sanidad de la papa en Magallanes” financiado por el Gobierno regional, y que fuera aprobado por unanimidad por el Consejo Regional (CORE), demuestra el reconocimiento a esta necesidad imperiosa de Magallanes de revertir la actual situación del rubro papa en la región.

Este Boletín de papa, se nutre en gran medida de los resultados alcanzados hasta ahora en este programa, ejecutado por INIA Kampenaike.





## LITERATURA CONSULTADA

Ames, M., and D. Spooner. 2008. DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *American Journal of Botany* 95(2): 252–257.

CIP. 2008. *La Odisea de la Papa*. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 48p.

FAO. 2008. Año Internacional de la Papa 2008. La Papa y los recursos hídricos. <http://www.fao.org/potato-2008/pdf/IYP-10es.pdf>.

FAO. 2018. FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

FDA. 2018. The New and Improved Nutrition Facts. <https://www.fda.gov/downloads/food/labelingnutrition/ucm511646.pdf>

INE. 2007. VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal. <http://www.ine.cl/estadisticas/censos/censo-agropecuario-y-forestal-2007>.

INE. 2018. Síntesis de resultados Censo 2017. <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>.

ODEPA. 2018. Series históricas de precios y volúmenes de frutas y hortalizas: Papa. <https://www.odepa.gob.cl/precios/series-historicas-de-frutas-y-hortalizas>.



Potatoes USA. 2017. New potato nutrition facts label in the United States. <https://www.potatopro.com/news/2017/new-potato-nutrition-facts-label-united-states>.

Potatoes USA. 2017. New potato nutrition facts label in the United States. [http://www.potatoesusa.com/uploads/filedownloads/files/PotatoesUSA\\_Nutrition\\_Label\\_Bilingual\\_Final.jpg](http://www.potatoesusa.com/uploads/filedownloads/files/PotatoesUSA_Nutrition_Label_Bilingual_Final.jpg).

SAG. 2018. [www.sag.cl/semillas](http://www.sag.cl/semillas).

SEREMI de Agricultura. 2015. Informe final “Análisis de competitividad del sector hortofrutícola de la región de Magallanes y Antártica Chilena”, BTA.

SERNATUR. 2015. Plan de acción Región de Magallanes y la Antártida Chilena Sector Turismo. <https://www.sernatur.cl/wp-content/uploads/2015/08/Plan-de-Acci%C3%B3n-Magallanes.pdf>.

Sierra, C.; Rojas, J.S.; France, A.; Kalazich, J.; Contreras, C. 2013. El Cultivo de la Papa en la Región de Coquimbo. Manejo del suelo, fertilización y algunos otros factores de manejo agronómico. Boletín INIA N°266. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena, Chile. 134p.

Tapia C., B., 2018. Boletín de la Papa. Septiembre 2018. ODEPA ([www.odepa.cl](http://www.odepa.cl)). Min. Agricultura. 17 p.







## Capítulo II

### Morfología y fisiología de la planta

#### **Autores:**

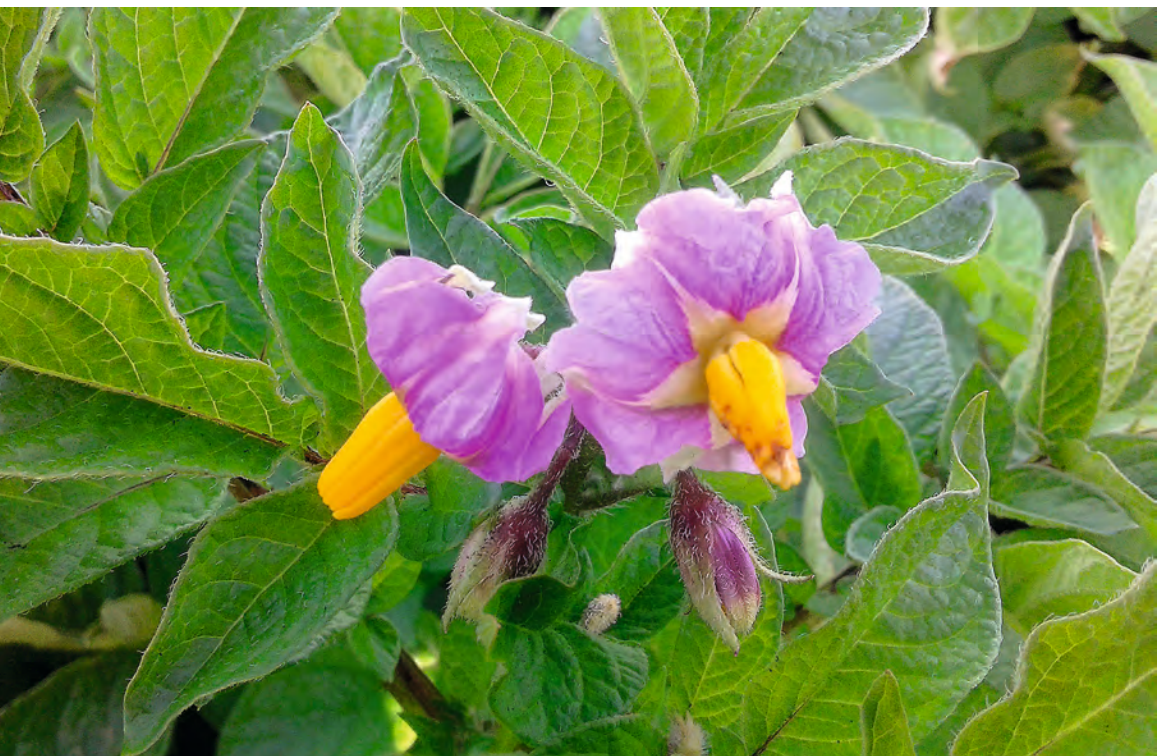
Patricio Sandaña G.  
Ingeniero Agrónomo M.Cs. Ph.D.  
INIA Remehue

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

**D**urante el ciclo del crecimiento del cultivo de papa, se pueden observar dos tipos de cambios morfológicos en las plantas, tanto en la parte aérea como en la subterránea. El primero de estos cambios es el crecimiento propiamente tal, mientras que el otro tipo de cambios corresponde al desarrollo del cultivo. Por lo tanto, crecimiento y desarrollo son dos procesos diferentes, que son distintamente afectados por factores ambientales.





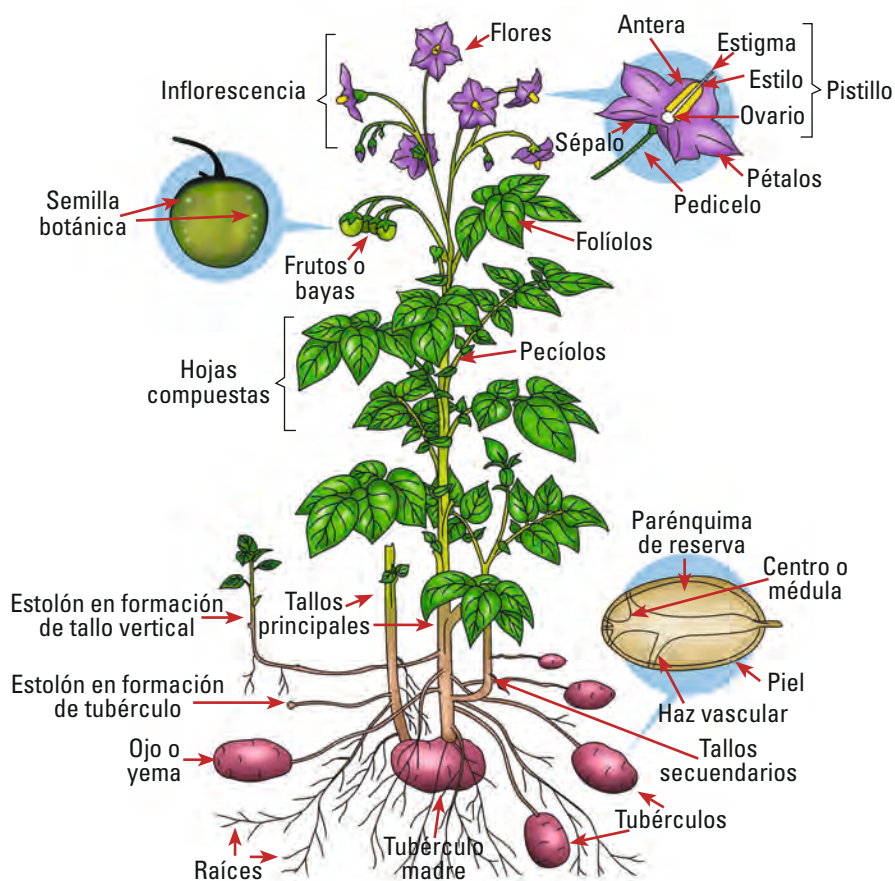
El desarrollo, corresponde a cambios morfológicos, que obedecen a cambios en los meristemas apicales (grupo de células en el extremo de una raíz o tallo) que comienzan a producir distintos tipos de células, que darán origen a distintos órganos. Todo este proceso se denomina desarrollo del cultivo. Los principales eventos de desarrollo en el cultivo de papa, que se pueden identificar fácilmente son: el inicio de brotación en el tubérculo semilla, emergencia, elongación de estolones, inicio de tuberización, floración y madurez fisiológica. El momento y velocidad de ocurrencia de estos, dependerá principalmente de factores ambientales tales como temperatura y fotoperiodo (horas de luz), mientras que la disponibilidad de recursos, tales como agua y nutrientes tienen un impacto mayor en el crecimiento y rendimiento del cultivo.

El presente capítulo tiene como objetivo dar a conocer los principales factores que afectan al desarrollo y cómo estos afectan los principales eventos de desarrollo del cultivo en Magallanes.



## MORFOLOGÍA DE LA PLANTA

La planta de papa es de naturaleza herbácea, se compone de un sistema aéreo compuesto por inflorescencia, hojas compuestas, tallos y frutos, y un sistema subterráneo compuesto por raíces, estolones y tubérculos (Figura 2). Perteneció a la familia de las Solanáceas, entre los que se encuentran el tomate, pimiento, ají y berenjena, entre otros. El *Solanum tuberosum* se divide en dos subespecies: la **andigena**, adaptada a condiciones de días cortos, cultivada principalmente en los Andes, y **tuberosum**, la variedad que hoy se cultiva en todo el mundo.



**Figura 2.** Morfología de la planta de papa. Adaptado de International Potato Center (CIP), 2018.

## SISTEMA AÉREO

### Flores

Las flores son pentámeras (tienen cinco pétalos), dependiendo de la variedad puede tener diversos colores, que van desde el blanco hasta el morado. Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo.

### Frutos

El fruto corresponde a una baya que normalmente es de color verde. Dentro de ella se encuentra la semilla botánica, llegando a contener más de 200 semillas, según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son planas, ovaladas y pequeñas.

### Hojas

Las hojas son compuestas, que quiere decir que tienen un peciolo con varios folíolos (hojas o partes de una hoja compuesta) laterales y uno terminal. A medida que crece la planta, sus hojas fabrican el almidón, que es transferido a las terminaciones de sus tallos subterráneos o estolones.

### Tallo

Los tallos se originan de las yemas u ojos del tubérculo madre. Generalmente son de color verde y algunas veces puede ser de color marrón rojizo o morado. El tallo aéreo, que puede ser ramificado, es generalmente hueco y triangular en sección transversal. El tallo se considera principal si crece directamente del tubérculo y a las ramas laterales de este se les denomina tallo secundario.

## SISTEMA SUBTERRÁNEO

### Raíces

Las plantas que provienen de la semilla botánica desarrollan raíces delgadas, de donde salen las raíces laterales. Las plantas que crecen directamente del tubérculo semilla desarrollan raíces adventicias en los nudos del tallo y un sistema radical a una profundidad de 40 a 50 cm.

### Estolones

Son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollar un tallo vertical con follaje normal.

### Tubérculos

Es un engrosamiento del estolón como consecuencia de la acumulación de reservas, constituyendo el principal órgano de reserva de la planta. Los tubérculos pueden variar en forma y tamaño. Una planta puede formar hasta 20 tubérculos, dependiendo de la variedad. Cada tubérculo tiene entre dos y hasta 10 yemas u ojos, dispuestos en forma de espiral alrededor de su superficie.

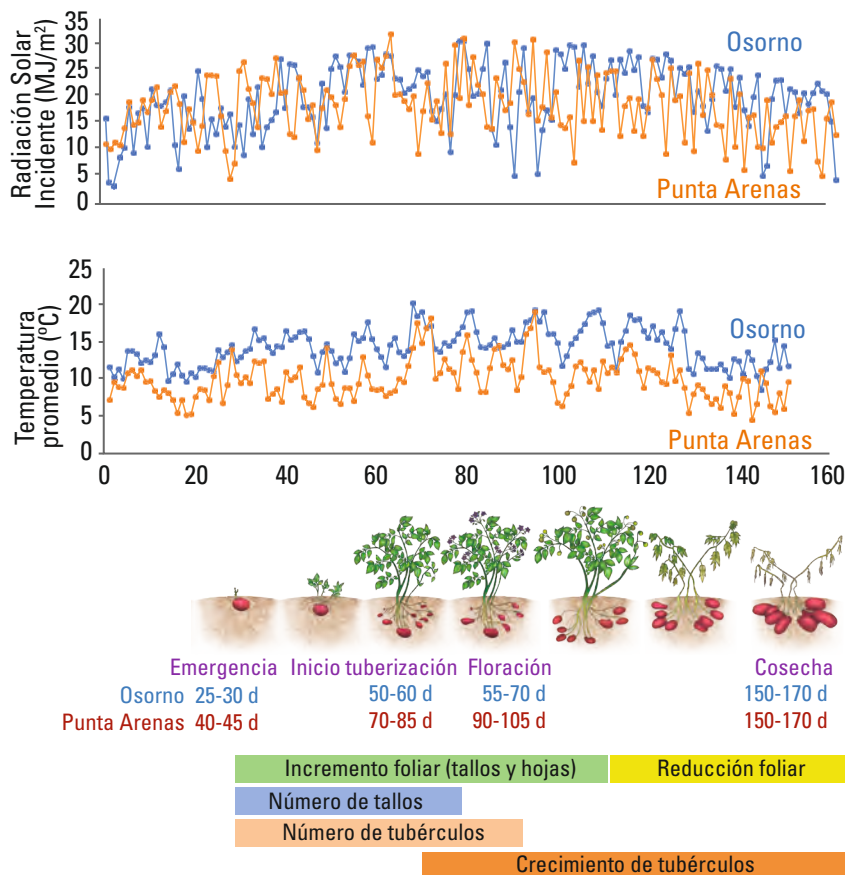
## DESCRIPCIÓN DEL CICLO DE CULTIVO



En términos generales, en el cultivo se pueden distinguir fácilmente dos fases de crecimiento. La primera comprende desde la emergencia hasta la cobertura total del cultivo (cierre de la entre hilera), en la cual el cultivo genera hojas y tallos, incrementando su área foliar. La segunda fase, se inicia con una reducción foliar, pérdida de coloración (hojas amarillas) y muerte de hojas.

En la primera fase se genera el número de tubérculos, mientras que en la segunda fase se produce el llenado o crecimiento de estos tubérculos. Como el cultivo de papa se produce en distintas latitudes del país, es de esperar que se desarrolle en distintos ambientes climáticos con diferentes regímenes de temperatura, radiación solar y precipitaciones (Haverkort *et al.*, 2014). Por ejemplo, en la Figura 3 se muestra el ciclo del cultivo de papa (del 1 de octubre al 31 de marzo) con sus principales fases en condiciones de temperatura y radiación de Osorno y Punta Arenas. En general, se observa que el periodo de llenado de tubérculos (a partir de los 100 días) se genera en un ambiente de menor radiación solar en Punta Arenas, lo cual podría reducir el crecimiento de tubérculos, pero más importante aún, se observa que en Punta Arenas el ciclo del cultivo ocurre en un ambiente con menores temperaturas (Figura 3), cuya consecuencia principal es que, en este ambiente más frío, el desarrollo del cultivo es más lento que en Osorno.





**Figura 3.** Temperatura promedio de Osorno y Punta Arenas durante el ciclo de cultivo de papa. La cosecha en Osorno se realiza en madurez fisiológica, mientras que en Punta Arenas, por temperaturas más bajas, no se alcanza la madurez y, por lo tanto, el cultivo se cosecha cuando muere producto de las heladas de otoño.

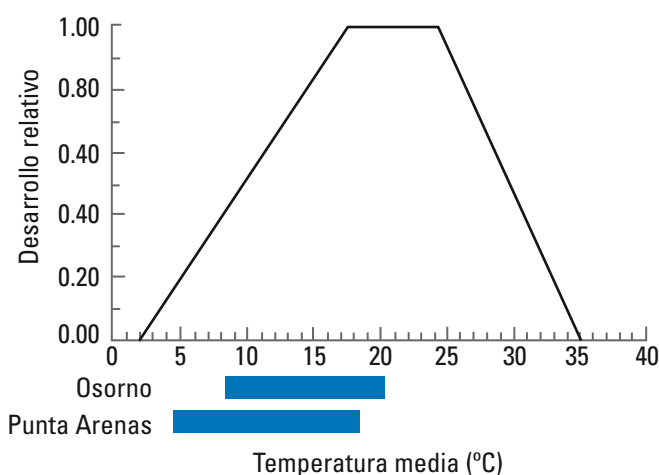
## TEMPERATURA: CONCEPTO Y USO DEL TIEMPO TÉRMICO

El cultivo de papa puede desarrollarse entre las temperaturas medias de 2 y 35°C. Sin embargo, las tasas de desarrollo son distintas según el rango de temperaturas en que se encuentre el cultivo (Gráfico 2).

La tasa de desarrollo relativo de cualquier etapa del cultivo, se incrementa linealmente con la temperatura entre los rangos de 2 y 17,5°C, mientras

que la máxima tasa de desarrollo se encuentra entre los 17,5 y los 24°C. Temperaturas mayores a 24°C reducen linealmente la tasa de crecimiento llegando a detenerse el desarrollo a una temperatura de 35°C o superior (Gráfico 2).

En Punta Arenas, en la última temporada (2017-2018), el cultivo (plantado el 1 noviembre y cosechado el 31 de marzo) experimentó temperaturas medias entre 4,6 y 18°C, mientras que el mismo cultivo en Osorno experimentó temperaturas que fluctuaron entre 8,6 y 20°C (Gráfico 2). Por lo tanto, en Osorno, el desarrollo del cultivo es más rápido que en Punta Arenas, ya que el cultivo no experimenta temperaturas menores a 8°C.



**Gráfico 2.** Relación entre el desarrollo del cultivo de papa y la temperatura media ambiental. La tasa de desarrollo se acelera linealmente hasta alcanzar el máximo a 17,5°C, manteniéndose hasta los 24°C (rango óptimo), temperaturas superiores a 24°C reducen la tasa de desarrollo linealmente, llegando a 35°C donde el desarrollo se detiene (adaptado de Griffin et al., 1993). Barras horizontales azules muestran el rango temperaturas medias que experimenta el cultivo en Osorno (8,6 a 20°C) y Punta Arenas (4,6 a 18°C). En ambos casos el cultivo fue plantado el 1 de noviembre y cosechado el 31 de marzo.

La temperatura tiene un efecto universal en el desarrollo del cultivo. Esto implica que todas las variedades son sensibles a la temperatura en todas sus fases de desarrollo. En la medida que los cultivos son expuestos a mayores temperaturas, dentro de los rangos ya mencionados, el desarrollo del cultivo se acelera, lo que repercute en el largo de cada fase y, en consecuencia, en el largo del ciclo del cultivo.

Una misma variedad de papa, plantada en un ambiente más fresco, presentará un ciclo más largo (en días) en comparación a la misma variedad cultivada en un ambiente más cálido. Por lo tanto, las duraciones de las etapas y el largo del ciclo del cultivo se incrementan en la medida que el cultivo se planta más al sur del país. Sin embargo, la duración del ciclo del cultivo y sus etapas, puede medirse en tiempo térmico, cuyas unidades son los grados días (°Cd). Esta metodología permite que la duración de cualquier etapa medida en °Cd, resulte independiente de la temperatura durante la cual transcurren las distintas etapas del desarrollo. Así, para el cálculo del tiempo térmico acumulado, para una determinada etapa del ciclo de desarrollo, es posible utilizar la siguiente fórmula:

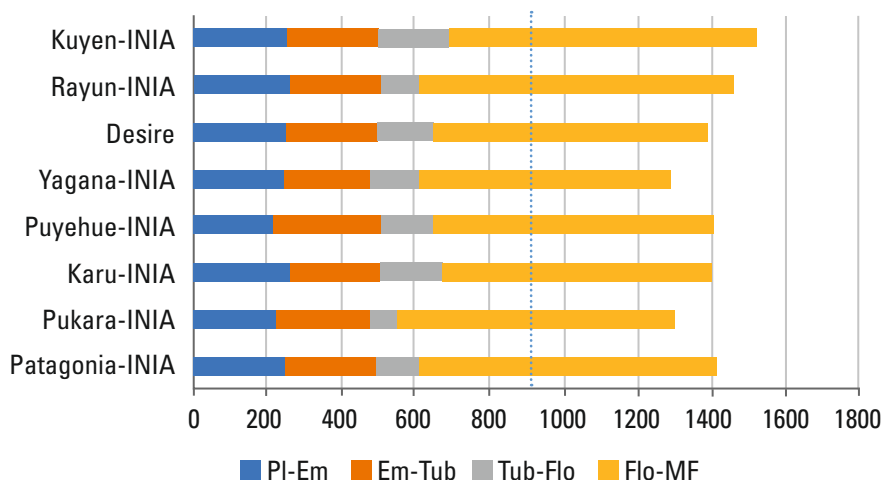
$$\textbf{Tiempo Térmico (Cd)} = \sum (T_m - T_b)$$

Se entiende como tiempo térmico la acumulación de grados días (°Cd) en un determinado periodo, mientras que  $T_m$  y  $T_b$  corresponden a la temperatura media diaria y la temperatura base del cultivo, respectivamente. Por ejemplo, en distintas variedades de papa se ha determinado que el tiempo térmico, desde plantación a madurez fisiológica, puede fluctuar, dependiendo de la variedad, entre 1300 y 1500 °Cd (promedio 1400 °Cd) (Gráfico 3).

Usando los datos de temperatura de la temporada 2017-18 de Osorno y Chiloé, se calculó que la madurez fisiológica de un cultivo (plantado el 1 de noviembre) se alcanza el 12 de marzo (134 días de ciclo) y 9 de mayo (190 días de ciclo), respectivamente.

Algo muy distinto ocurre en Magallanes, donde usando la misma fecha de plantación, se observó que al 1 de junio el cultivo recién acumuló un tiempo térmico de 974 °Cd. Esto implica que, en Magallanes, por sus bajas temperaturas (Figura 3), el cultivo de papa nunca alcanza a llegar a madurez fisiológica. De hecho, el cultivo muere por heladas a fines de marzo y principios de abril, lo cual equivale en promedio a 900 °Cd desde la plantación, es decir, el cultivo solo alcanza a desarrollar un 64% del ciclo total del cultivo y se cosecha aproximadamente en la mitad del periodo de llenado de tubérculos (Gráfico 3). Por lo tanto, en Magallanes, la condición climática limita alcanzar el potencial de rendimiento del cultivo. Una alternativa sería adelantar la fecha de plantación (ej.: 1 de octubre), pero esto tendría un alto riesgo de perder el cultivo por heladas en primavera. Otra alternativa sería producir en invernaderos, pero es necesario tener en cuenta el costo asociado a esta tecnología.



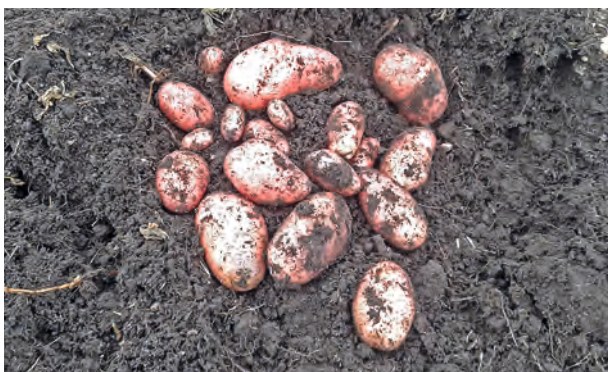


**Gráfico 3.** Tiempo térmico (grados días (Gd) usando temperatura base 4°C) requerido para alcanzar diferentes eventos de desarrollo en distintas variedades. PI-Em: periodo de plantación a emergencia del cultivo, Em-Tub: emergencia a inicio tuberización, Tub-Flo: tuberización a floración, Flo-MF: floración a madurez fisiológica. Estos datos corresponden al promedio de 3 temporadas de crecimiento en experimentos realizados en INIA Remehue, Osorno. En Magallanes, un cultivo plantado el 1 de noviembre y cosechado el 1 de abril alcanza un tiempo térmico total de 900 °Cd, por lo tanto, el cultivo no alcanza a llegar a madurez fisiológica y es cosechado prácticamente en la mitad del periodo de llenado de tubérculos (línea vertical segmentada azul).

## EL FOTOPERIODO: HORAS DE LUZ

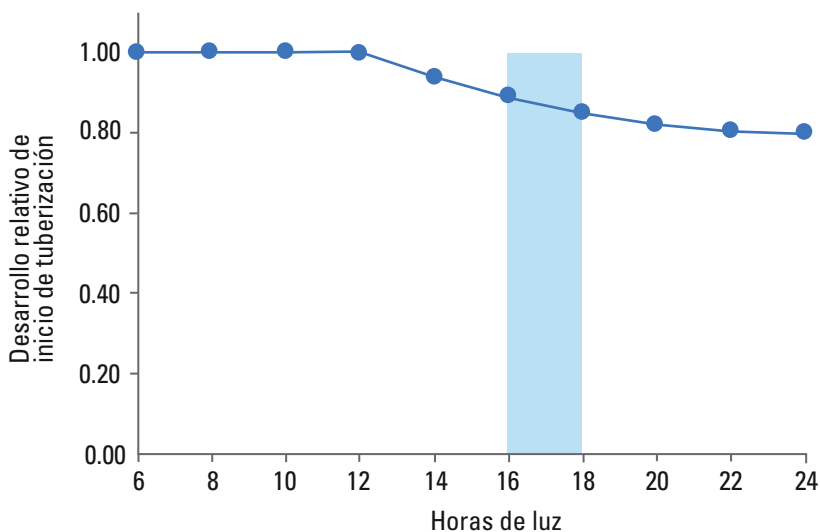
El segundo factor que afecta el desarrollo del cultivo de la papa es el fotoperiodo, el cual corresponde al largo o duración del día (horas luz). Este estímulo es percibido por las hojas y transmitido a los ápices de crecimiento.

En el cultivo de papa el fotoperiodo afecta el inicio de tuberización (ensanchamiento de la punta de los estolones para dar paso a la formación de los tubérculos). Se considera que la papa es un cultivo de fotoperiodo corto. En general,



todas las variedades de papas tuberizan al mismo tiempo en ambientes de fotoperiodo menor a 12 hr. Diferencias entre variedades pueden observarse con fotoperiodos mayores a 12 hr.

En general, el inicio de la tuberización es favorecido por fotoperiodos más cortos que un fotoperiodo crítico. En cultivares pertenecientes a *Solanum tuberosum sp. andigena* que crecen en regiones tropicales, el fotoperiodo crítico es de 12-13 hr, en tanto en los cultivares de *Solanum tuberosum sp. tuberosum*, poseen un fotoperiodo crítico de 14-15 hr (Caldiz, 2006). Por este motivo, cultivares de la *sp. andigena* no producirán tubérculos en ambientes de fotoperiodo largo como los del sur de Chile. Por esta razón, los cultivares de papa en Chile pertenecen a la *sp. tuberosum*, ya que se adaptan mejor a fotoperiodos largos. Por ejemplo, en Magallanes de diciembre a enero (cuando el cultivo emerge) el fotoperiodo fluctúa entre 16-18 hr, lo cual está por sobre el fotoperiodo crítico de 14-15 hr. Sin embargo, la tasa de iniciación de tubérculos solo se reduce en 13% aproximadamente (Gráfico 4), por lo tanto, es posible concluir que, a diferencia de lo que ocurre con la temperatura, este factor no incide mayormente en el largo del ciclo del cultivo en Magallanes.



**Gráfico 4.** Desarrollo relativo de tuberización en papa en función del fotoperiodo (adaptado de Griffin et al., 1993). La barra vertical indica el fotoperiodo de Magallanes entre diciembre y enero (16-18 hr) el cual reduce la tasa de desarrollo en un 13% en promedio.

## PRINCIPALES ETAPAS DE DESARROLLO

### BROTACIÓN

En plantaciones tempranas, es común la utilización de tubérculos semilla que aún se encuentran en estado de letargo o dormancia, y que por lo tanto aún no presentan brotes. Luego de este periodo de letargo o dormancia, comienza la brotación de los tubérculos (Figura 4. Sup. Izq.). La cantidad de brotes depende del tamaño de la semilla, de la variedad y del almacenaje, el cual juega un rol fundamental en el tipo de brote que genere el tubérculo. Así, el almacenamiento a plena oscuridad, desarrollará brotes escasos, delgados, etiolados (alargamiento anormal del brote a causa de iluminación insuficiente) y susceptibles al desprendimiento. Contrariamente, un almacenamiento bajo luz difusa generara brotes vigorosos y firmes.

Dentro de este mismo estado fenológico, se da paso a la formación de raíces y tallos. En este período, el tubérculo también comienza el desarrollo de hojas escama, las cuales darán origen a los estolones de la planta en el futuro (Figura 4. Der.).



**Figura 4.** Tubérculo en etapa de brotación antes de la plantación (Sup. Izq.). Brotes elongados después de la plantación (Inf. Izq.). Tubérculo extraído del suelo que presenta formación de raíces, tallos y hojas (Der.). INIA Kampenaike. Punta Arenas.



### EMERGENCIA

Los brotes generados por el tubérculo comienzan a crecer de forma vertical, traspasando la superficie del suelo, dando paso a la emergencia del cultivo (Figura 5).

La emergencia del cultivo, dependiendo de la variedad, edad fisiológica de los tubérculos y de las condiciones climáticas (principalmente temperatura), ocurre aproximadamente entre los 25 y 35 días posteriores a la plantación en la zona centro sur de Chile.

En Magallanes la emergencia del cultivo puede tardar entre 35 y 45 días desde la plantación. Esto, debido a que las temperaturas del suelo, entre octubre y diciembre, son más bajas ( $7^{\circ}\text{C}$  en promedio), en comparación al mismo periodo en Los Lagos, que presenta una temperatura de suelo de  $13^{\circ}\text{C}$  en promedio.



**Figura 5.** Emergencia del cultivo de papa a los 35 días después de la plantación. INIA Kampenaike. Punta Arenas.

## ELONGACIÓN DE ESTOLONES Y TUBERIZACIÓN

La elongación de estolones y tuberización ocurre bajo la superficie. Las puntas de los estolones comienzan a ensancharse (Figura 6. Izq.), dando paso a la formación de los tubérculos (Figura 6. Der.). Este fenómeno ocurre aproximadamente entre 60 y 70 días después de la plantación en Magallanes.



**Figura 6.** Elongación y ensanchamiento de estolones (Izq.). Tuberización y llenado de tubérculos en variedad Puyehue INIA (Der.). INIA Kampenaike. Punta Arenas.

Durante este estado fenológico, comienza una rápida expansión foliar, gracias al desarrollo y crecimiento de hojas, brotes principales y laterales de la planta de papa. La emergencia del cultivo, depende de las reservas del tubérculo. Sin embargo, posteriormente, estas reservas comienzan a consumirse, transformándose a partir de este momento el área foliar la principal fuente de fotoasimilados (sustancias sintetizadas por las plantas a partir de  $\text{CO}_2$  y energía solar) para el crecimiento del cultivo. Por lo tanto, en este periodo, es importante que el cultivo no sufra deficiencias hídricas o nutricionales que limiten la expansión foliar (Sandaña et al., 2015).

En la región, la máxima cobertura del cultivo o máximo desarrollo foliar (donde cerca del 90% de las plantas se rozan en las entre hileras) se alcanza entre los 90 y 100 días desde la plantación.

## FLORACIÓN

La floración del cultivo ocurre un poco más tarde que la tuberización. Al inicio de este estado fenológico aparece el órgano floral, donde se aprecian botones florales y los primeros pétalos, los cuales darán origen a la inflorescencia (Figura 7. Izq.).

Estas inflorescencias, conforme pasa el tiempo, comienzan a expandirse, son fecundadas, y una vez desarrolladas botan sus pétalos, para dar inicio al ensanchamiento del ovario y posterior formación del fruto. El fruto, corresponde a una baya de color verde y forma redonda, dentro de la cual se generan las semillas (Figura 7. Der.).

En Magallanes, hay temporadas en que las plantas, muchas veces, no alcanzan a florecer, sin embargo, cuando florecen, ocurre aproximadamente a los 100 días desde la plantación.



**Figura 7.** Cultivo de papa variedad Yagana INIA en floración (Izq.). Cultivo de papa en floración y formación de fruto (Der.). INIA Kampenaike. Punta Arenas.

En relación al tubérculo, este ya se encuentra en la fase lineal de crecimiento hasta que la planta alcance su maduración. Por lo tanto, la disponibilidad de agua es de gran importancia para satisfacer la demanda atmosférica, por lo cual, se recomienda hacer riegos frecuentes.



## MADURACIÓN

En condiciones normales, una vez alcanzada la floración del cultivo, el desarrollo del área foliar se detiene de manera importante, quedando establecido el área foliar máxima del cultivo, el cual se mantiene durante algún periodo para luego comenzar a disminuir, dando paso a la maduración o senescencia del cultivo.

En este período, se comienza a observar un amarillamiento de las hojas cada vez más intenso, llegando a coloraciones marrones y caída de hojas. A su vez, los tallos también se tornan de color amarillo y se secan. En este punto, la planta muere de forma natural y todos los fotoasimilados que posea son movilizados hacia los tubérculos formados.

En cuanto al cultivo en la región, no es posible alcanzar la madurez fisiológica, ya que las temperaturas son muy bajas y por lo tanto el desarrollo es muy lento. Por esta razón, a finales de marzo las plantas mueren aproximadamente durante la mitad del período de llenado de tubérculos, por heladas consecutivas.

## LITERATURA CONSULTADA

Caldiz, D. 2006. Producción, cosecha y almacenaje de papa en la Argentina. McCain Argentina SA, Balcarce-BASF Argentina SA, Capital Federal Argentina. 226 pp.

Griffin, T.S., Bradley, S.J., Ritchie, J.T. 1993. A Simulation Model for Potato Growth and Development: SUBSTOR-potato Version 2.0. 29. Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii, Honolulu.

Haverkort, A.J., Sandaña, P., Kalazich, J., 2014. Yield gaps and ecological footprints of potato production systems in Chile. *Potato Res.* 57, 13–31.

International Potato Center (CIP). A Cgiar Research Center, 2018. <https://cipotato.org/es/potato/>

Sandaña, P., Kalazich, J., 2015. Ecophysiological determinants of tuber yield as affected by potato genotype and phosphorus availability. *Field Crops Research* 180: 21-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.005>







## Capítulo III

### Condiciones agroclimáticas de Magallanes

#### Autor:

Claudio Pérez C.  
Ingeniero Agrónomo M.S. Ph.D.  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

La palabra clima proviene del griego *klima*, que hace referencia a la inclinación del sol, el principal generador de energía de nuestro sistema planetario. De acuerdo con la Real Academia Española de la Lengua, clima es el conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región. Por lo mismo, el clima es el efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra en rotación. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones.

El clima es uno de los componentes ambientales más determinantes en la adaptación, distribución y productividad de los seres vivos, incluyendo a



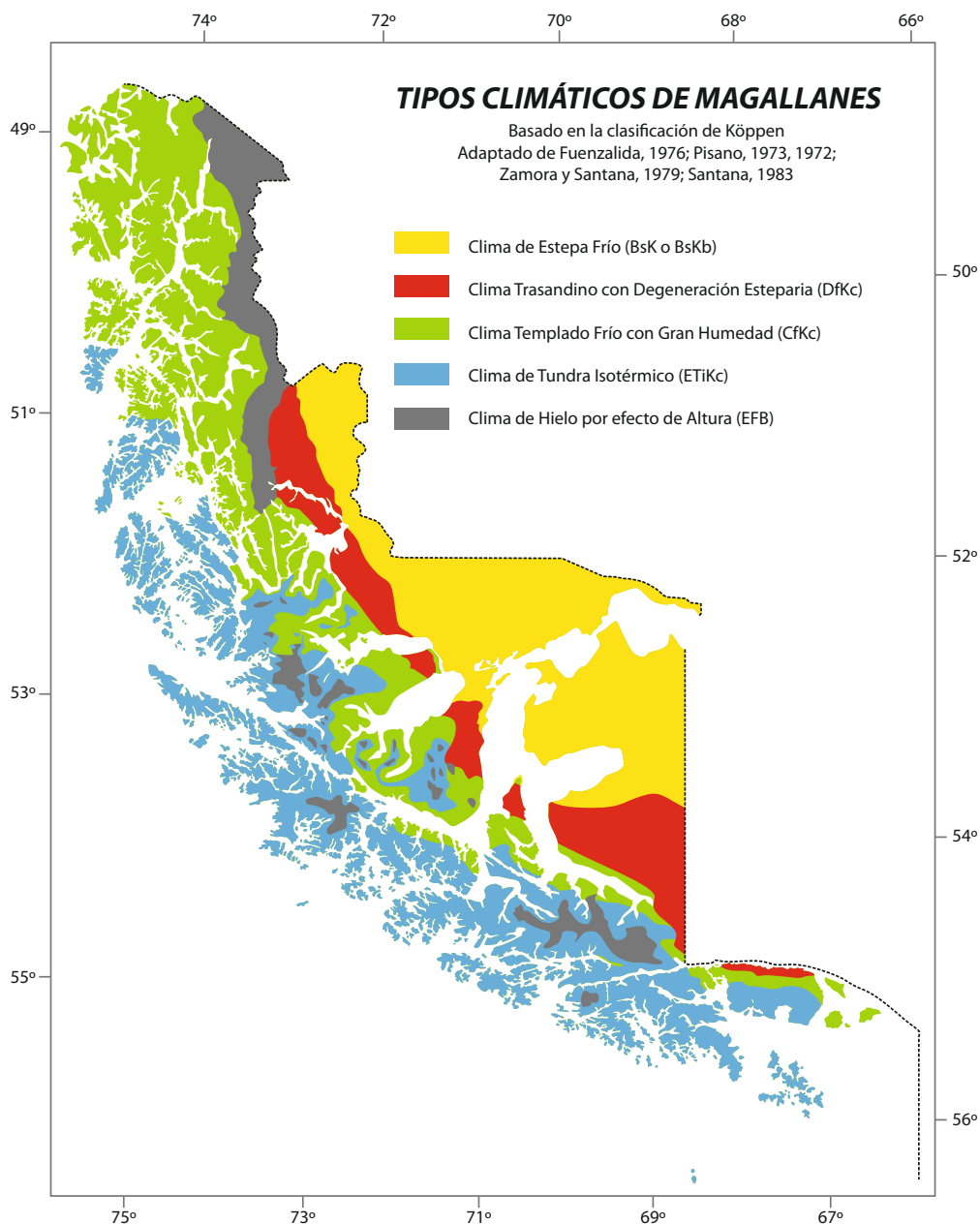


los humanos. Por esto, las actividades silvoagropecuarias y el clima son aspectos que están estrechamente relacionados, dado que desempeñan un papel significativo en muchos procesos fisiológicos, desde la concepción y el crecimiento de los seres vivos hasta la salud y las enfermedades. El ser humano, por su parte, puede influir indirectamente en el clima al cambiar el medio ambiente, tanto a través de la alteración de la superficie de la Tierra (construcción de ciudades, erosión del suelo por malas prácticas agrícolas, deforestación de extensas áreas, entre otras acciones), como por la emisión de contaminantes y aplicación indiscriminada de productos químicos, y también, por la liberación de dióxido de carbono a la atmósfera. Los fenómenos relacionados con el clima, como la cantidad y distribución de las lluvias, la humedad almacenada en el suelo, ocurrencia de heladas o granizos, entre otros fenómenos, repercuten directamente en la producción y cosechas de los diferentes cultivos (Pérez y Adonis, 2012).

En el presente capítulo se analizarán las características del clima de la región de Magallanes, las limitantes climáticas para el cultivo de la papa y el comportamiento climático durante el desarrollo del programa, es decir, el período de octubre 2015 a marzo 2018.

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DE LA REGIÓN DE MAGALLANES

Las características climáticas de la Patagonia, compartida por Chile y Argentina, difieren del resto del país, dada su ubicación geográfica, la influencia e interacción de los sistemas frontales de los océanos Atlántico y Pacífico y su cercanía con la Antártica. Estos elementos hacen que no sea fácil encontrar homoclimas con esas características. El clima de la región presenta una gran diversidad, caracterizándose por bajas temperaturas y fuertes vientos durante todo el año. Depende de los frentes polares que penetran por el oeste y suroeste. Las masas de aire húmedo encuentran barreras en los macizos de los Andes patagónicos y fueguinos, donde, al elevarse originan fuertes precipitaciones. Las masas de aire penetran al interior del continente con bajo contenido de humedad, disminuyendo las precipitaciones hacia el este y noreste (Covacevich y Ruz, 1996). Una clasificación climática de Magallanes muy utilizada, ya que aparte de considerar los valores medios de temperatura y precipitación mensual, fija sus límites en la distribución de los tipos de vegetación, es la clasificación de W. Köppen (Pisano, 1977; citado por Covacevich y Ruz, 1996) (Figura 8).



**Figura 8.** Tipos climáticos de Magallanes, basado en la clasificación de W. Köppen (Fuente: Laboratorio de Climatología, Instituto de la Patagonia, UMAC).

## PRINCIPALES TIPOS CLIMÁTICOS

### **Clima templado frío con gran humedad (Cfk'c)**

Ubicado en la zona archipelágica al occidente de la cordillera de los Andes patagónicos, con precipitaciones que superan los 3.500 mm, alta nubosidad atmosférica, y una temperatura media anual de 9°C, donde se desarrolla el denominado bosque magallánico, denso y húmedo, en el que se pueden encontrar especies como el coigüe de Magallanes y ciprés de las Guaitecas, entre otras.

### **Clima trasandino con degeneración esteparia (Dfk'c)**

Se extiende desde la cordillera Paine hacia el sur y sureste, cubriendo la península de Brunswick y el sector sur de Tierra del Fuego, con precipitaciones durante todo el año que fluctúan entre los 300 y 500 mm y temperaturas medias anuales de 6 a 7°C, donde la vegetación predominante, está representada por una selva húmeda y fría, compuesta por especies como canelo, lenga, coigüe, algunos arbustos y especies pratenses de buena calidad, como pasto ovillo, pasto miel y tréboles, entre otras.

### **Clima de estepa fría (BSk'c)**

Este clima va desde la zona fronteriza comprendida desde el norte de cerro Guido hasta cubrir la mitad norte de Tierra del Fuego, con precipitaciones que disminuyen a medida que se alejan de la cordillera patagónica, desde 400 mm en el sector norte cercano a la cordillera, hasta unos 250 mm en el extremo oriental del estrecho de Magallanes y en la parte norte de Tierra del Fuego, en tanto que las temperaturas medias de verano superan los 10°C y en los meses de invierno llegan a sólo 2°C. La reducida precipitación y bajas temperaturas le dan el carácter de estepa, asociándose al tipo de suelo que sólo permite una vegetación propia de este clima, donde predominan hierbas y pastos duros como el coirón (*Festuca gracillima*).

## DISTRITOS AGROCLIMÁTICOS

Dado que el clima determina un potencial de desarrollo para las diversas especies vegetales, fundamentalmente en relación a la disponibilidad energética e hídrica, Ruz y Novoa, (1982), (citado por Covacevich y Ruz, 1996), elaboraron un mapa de distritos agroclimáticos, donde se resumieron los conceptos de largo de estación de crecimiento, suma térmica, déficit hídrico y estación de crecimiento efectivo. De esta clasificación se determinaron 21 distritos agroclimáticos para la región.



En la zona occidental archipelágica el clima se presenta frío, húmedo y lluvioso, con precipitaciones de 3.500 mm anuales. Sus temperaturas son bajas y los vientos fuertes se presentan durante todo el año. En general las precipitaciones disminuyen de occidente a oriente y las temperaturas aumentan en la misma dirección. El perfil de precipitaciones a través de la Patagonia Austral, cerca del paralelo 53° S, indica un fuerte gradiente de oeste a este, con claras variaciones de las precipitaciones anuales en la zona del faro Evangelistas (2.261 mm), bahía Félix (4.035 mm), Punta Arenas (433 mm), aeropuerto Carlos Ibáñez (356 mm), Kampenaike (286 mm), Punta Delgada (221 mm) y Punta Dúngenes (260 mm), (Endlicher y Santana, 1988).

Las condiciones térmicas ofrecen un periodo de crecimiento (base 5°C), bastante corto y una suma térmica que no supera los 1.200 grados acumulados (base 5°C). En general, la estación de crecimiento determinada por la temperatura es restringida por el déficit hídrico. Así mismo, donde existe un régimen hídrico más favorable, hay restricciones térmicas.

En este sentido, las acciones que tome el productor, con la introducción de diversos manejos y tecnologías, será de suma importancia para otorgarle mejores condiciones a los cultivos y adaptarlos a las adversidades climáticas que presenta la región.

## **NECESIDADES AGROECOLÓGICAS PARA EL CULTIVO DE LA PAPA**

De acuerdo con Pino y Chen, (2016), a pesar de su distribución en muy diferentes condiciones climáticas, extendiéndose desde los 65° Latitud Norte a los 54° Latitud Sur, la mayoría de los cultivares comerciales de papa de alto rendimiento requieren de climas más bien moderados y alta disponibilidad de agua.

La papa cultivada requiere una temperatura de 20°C para crecer vegetativamente, mientras que la temperatura óptima para la tuberización está entre los 14 y 22°C. Temperaturas superiores pueden afectar el crecimiento y la calidad de los tubérculos, y se ha observado que temperaturas sobre los 30°C inhiben completamente la tuberización. Particularmente, las temperaturas nocturnas tienen una influencia crítica en la diferenciación de tubérculos y formación de almidón. Se ha observado que temperaturas nocturnas sobre los 22°C inhiben la tuberización.

El cultivo de papa es sensible al déficit hídrico y se desarrolla en óptimas condiciones con humedades entre 60 y 80% de capacidad de campo. La demanda hídrica está entre los 350 y 650 mm durante su pleno periodo de crecimiento vegetativo, dependiendo de la tasa de evapotranspiración y del cultivar utilizado. Por su parte, Santos (2009), entrega las características ideales, favorables y limitantes para el cultivo de papa en Magallanes (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Características ideales, favorables y limitantes para el cultivo de papa en Magallanes.

|                                | Características Ideales                                                                                                                                                                                                                           | Región de Magallanes                                                                                                                                                                                                                                            | Limitantes                                                                                                                                                                                                                   |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Temperatura</b>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Templado frío: 15°C a 20°C durante el ciclo de desarrollo del cultivo.</li> <li>-Temperaturas más frías durante la noche (8°C a 12°C) favorecen el crecimiento y desarrollo de los tubérculos.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Temperatura diurna de 10° a 11°C entre noviembre y febrero.</li> <li>-Baja temperatura y noches cortas favorecen la acumulación de fotosintatos en los tubérculos.</li> </ul>                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Baja temperatura (heladas) en parte de los meses de desarrollo del cultivo (primavera - verano).</li> <li>- Temperaturas bajas limitan ciclos del desarrollo del cultivo.</li> </ul> |
| <b>Luminosidad y radiación</b> | Alta luminosidad y radiación son apropiadas para el crecimiento vegetativo del cultivo.                                                                                                                                                           | Largo fotoperiodo existente favorece el crecimiento vegetativo del cultivo de papa.                                                                                                                                                                             | Fotoperiodo largo sólo favorece el desarrollo vegetativo en desmedro de la tuberización.                                                                                                                                     |
| <b>Humedad</b>                 | Humedad adecuada en el suelo para mantener un crecimiento sostenido y permanente durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo.                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Déficit hídrico durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo.</li> <li>-Alta demanda hídrica del cultivo durante todo su ciclo de desarrollo por efecto de la alta velocidad del viento (sobre 12 km/hr).</li> </ul> | El cultivo puede lograr una alta productividad sólo bajo condiciones de riego.                                                                                                                                               |

**Fuente:** Santos, J. 2009. Presentación en Día de Campo, Producción de papa-semilla certificada en la región de Magallanes.

Como se verá en el desarrollo de otros capítulos de esta publicación, la introducción de diversas tecnologías como fertilización, riego, cortavientos y especialmente el uso de semilla de papa certificada, son factores primordiales para sortear las dificultades climáticas y poder alcanzar buenos resultados productivos y económicos.

## **COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO DURANTE EL DESARROLLO DEL PROGRAMA PERÍODO OCTUBRE 2015 A MARZO 2018**

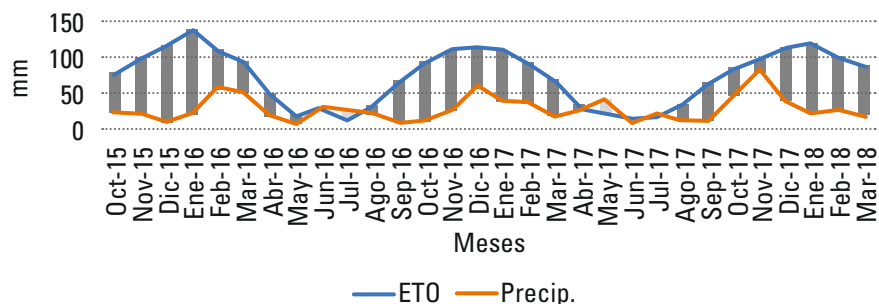
Las condiciones climáticas que se registraron en el sector de Kampenaike, ubicado 60 km al noreste de Punta Arenas sobre la ruta Ch 255 (camino internacional Monte Aymond), durante el periodo de desarrollo del programa fueron las siguientes:

### **PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACIÓN**

El agua es fundamental para la vida en el planeta Tierra, y se mueve constantemente de una reserva a otra a través del proceso de evaporación, condensación, y precipitación en lo que se denomina el Ciclo Hidrológico o Ciclo del Agua, que está regido por la energía que provee el sol. Por su parte, la evapotranspiración es la expresión matemática de la suma del agua evaporada del suelo más el agua transpirada por una superficie de pasto bajo condiciones ideales, siendo un buen estimador de las necesidades hídricas de un cultivo. El cálculo se realiza con el método desarrollado por Penman-Monteith, propuesto por FAO56. Mediante diversas ecuaciones, se estima la evapotranspiración potencial a través de fórmulas empíricas que involucran diversos factores de clima, y se expresa en milímetros de agua por día (Pérez y Adonis, 2012).

Como se observa en el Gráfico 5, para las condiciones de Kampenaike, siempre se está en presencia de un déficit hídrico, por cuanto la evapotranspiración es superior a la oferta de agua producto de las precipitaciones. Esto se ve aumentado por los fuertes vientos que dominan la región durante el periodo de desarrollo de los cultivos en primavera-verano. El aporte de agua por la vía del riego, así como el uso de cortinas cortaviento son dos tecnologías de importancia a tener en cuenta para el cultivo de la papa.





**Gráfico 5.** Precipitación (mm, Precip.) y evapotranspiración (mm, ETO) para el periodo octubre 2015 a marzo 2018). Kampenaike. Elaboración propia con datos de agromet. inia.cl.

El Cuadro 5 muestra los principales aspectos de manejo para las tres temporadas de crecimiento del cultivo de papa durante las temporadas 2015 a 2018.

**Cuadro 5.** Principales aspectos de manejo del cultivo de papa durante las temporadas 2015 a 2018.

|                                           | 2015/2016      | 2016/2017     | 2017/2018     |
|-------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| <b>Fecha de Plantación</b>                | 15 noviembre   | 15 noviembre  | 10 noviembre  |
| <b>Fecha de Cosecha</b>                   | 16 mayo        | 26 mayo       | 18 mayo       |
| <b>Fecha Inicio Riego</b>                 | 05 enero       | 26 diciembre  | 21 diciembre  |
| <b>Fecha Término Riego</b>                | 24 marzo       | 08 marzo      | 16 marzo      |
| <b>Precipitación periodo cultivo (mm)</b> | 185,0          | 189,2         | 231,7         |
| <b>Agua aplicada como riego (mm)</b>      | 182            | 318           | 325           |
| <b>Evapotranspiración periodo (mm)</b>    | 627,3          | 586,7         | 601,3         |
| <b>Diferencia (mm)</b>                    | <b>- 260,3</b> | <b>- 79,5</b> | <b>- 44,6</b> |

Las fechas de plantación fueron durante el mes de noviembre y las cosechas durante la segunda quincena de mayo del año siguiente. Los riegos se empezaron a aplicar a fines de diciembre o inicios de enero.

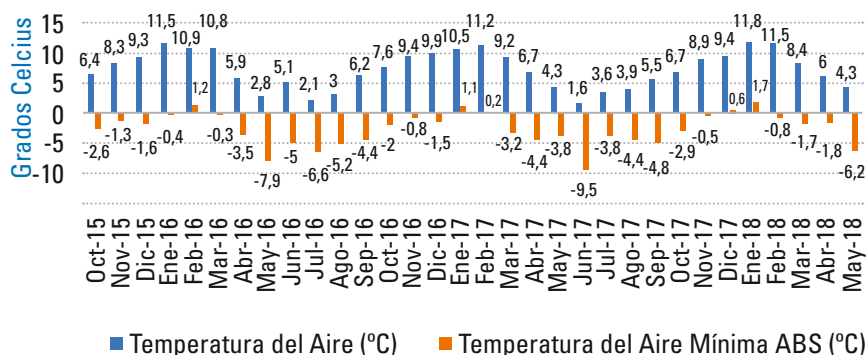
Durante el periodo de cultivo se registraron precipitaciones de 185,0 mm, 189,2 mm y 231,7 mm para las temporadas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, respectivamente. A esto se le sumaron 182 mm, 318 mm y 325 mm, en forma de agua de riego, para las mismas temporadas. Por su parte, la evapotranspiración alcanzó a 627,3; 586,7 y 601,3 mm durante las

3 temporadas de crecimiento. Esto indica que, a pesar del aporte de agua en forma de riego, hubo un déficit de  $-260,3$  mm,  $-79,5$  mm y  $-44,6$  mm para las temporadas 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018, respectivamente.

## TEMPERATURAS

Distintos elementos asociados a la temperatura juegan un rol vital en la vida de una planta, entre ellas se puede mencionar: las temperaturas mínimas y máximas absolutas del día y la oscilación térmica, o diferencias de temperatura, la cual, es mayor en climas templados. Ciertamente, las temperaturas extremas desfavorecen los rendimientos de los diferentes cultivos (Pérez y Adonis, 2012).

En el Gráfico 6 se muestran las temperaturas medias y las mínimas absolutas para el periodo octubre 2015 a mayo 2018. En cuanto a las temperaturas medias, en los meses de enero y febrero se alcanzaron los mayores valores:  $11,5^{\circ}\text{C}$ ,  $11,2^{\circ}\text{C}$  y  $11,8^{\circ}\text{C}$  para los meses de enero 2016, febrero 2017 y enero 2018, respectivamente. Respecto de las temperaturas mínimas absolutas, se registran valores bajo cero grados en prácticamente todos los meses del año, salvo en los meses de febrero 2016, enero y febrero 2017, diciembre de 2017 y enero de 2018. Esto es de suma importancia, ya que son pocos los meses en que no se registran eventos de heladas, teniendo éstas diversos grados de intensidad y número de horas.

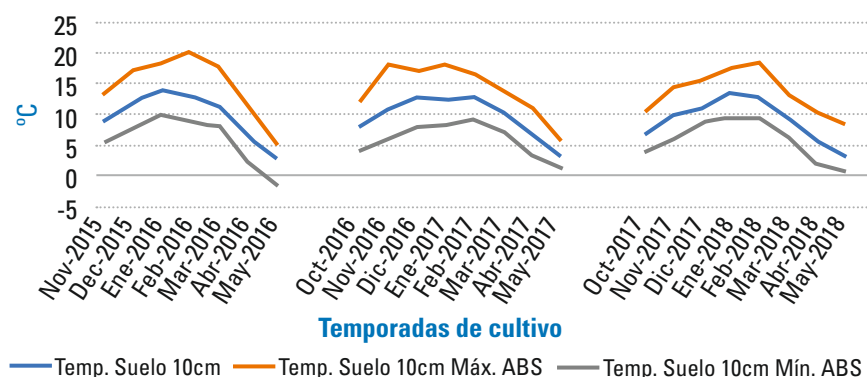


**Gráfico 6.** Temperatura Media y Temperatura Mínima Absoluta para el periodo octubre 2015 a mayo 2018. Kampenaike. Elaboración propia con datos de agromet.inia.cl.

## TEMPERATURA DEL SUELO

La fecha de plantación de papa está más relacionada a la temperatura de suelo que a una fecha calendario. Esa temperatura debiera ser a lo menos 7°C para asegurar una rápida emergencia y evitar el decaimiento del tubérculo semilla (De Jong et al, 2011). Si se planta con temperaturas de suelo inferior, simplemente la semilla se mantendrá en estado de dormancia, siendo afectada por las bajas temperaturas y enfermedades fungosas.

En el Gráfico 7, se presenta la temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media del suelo a 10 cm de profundidad durante el periodo de desarrollo del cultivo durante las temporadas 2015 al 2018, en Kampenaike.

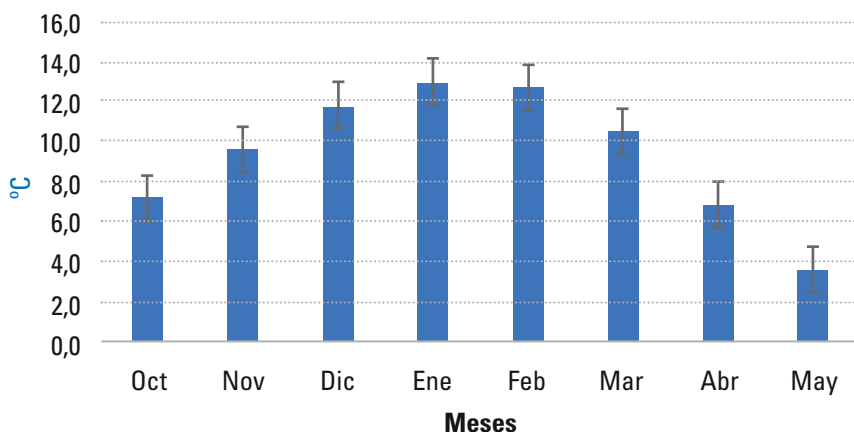


**Gráfico 7.** Temperatura máxima, mínima y media del suelo a 10 cm de profundidad para las 3 temporadas de crecimiento. Kampenaike. Elaboración propia con datos de agromet. inia.cl.

De esta información se puede determinar que, entre los meses de noviembre a mayo, (periodo de desarrollo del cultivo desde la plantación hasta la cosecha), las temperaturas medias del suelo a 10 cm de profundidad, estuvieron en términos generales, entre los 9°C a los 13°C. Esto indica que, desde el punto de vista de la temperatura del suelo, no habría restricciones para la plantación de papas a partir del mes de octubre – noviembre.

Corroborando lo anterior, en el Gráfico 8 se presentan los valores promedio de 5 temporadas (2013-2018) de la temperatura del suelo a 10 cm de profundidad en Kampenaike. Esta información indica que a partir de octubre no habría problemas para la plantación. Sin embargo, el otro factor a considerar son las temperaturas mínimas del aire, que causan heladas y por ende un daño significativo en el follaje de las plantas.





**Gráfico 8.** Temperatura del suelo a 10 cm de profundidad, promedio de 5 temporadas (2013-2018). CRI Kampenaike. Elaboración propia con datos de agromet.inia.cl.

## HELADAS

Las heladas son un fenómeno que anualmente genera pérdidas millonarias en cultivos de papas alrededor de todo el mundo. Estas pérdidas se presentan en diferente intensidad y su efecto varía según el momento de ocurrencia (Lemus 2015, citado por Pérez y Adonis, 2012). Desde un punto de vista agronómico se considera “helada” a la ocurrencia de temperaturas bajo las cuales se genera un impacto negativo sobre cierta especie vegetal o parte de ella, mientras que para la meteorología una helada es la ocurrencia de temperaturas bajo 0°C.

Durante el periodo de crecimiento del cultivo de papa en Kampenaike, en la temporada **octubre 2015 a mayo 2016**, hubo **51 eventos de heladas**, solo en el mes de febrero no se presentó el problema. La temperatura mínima absoluta alcanzó a -7,9°C en mayo 2016.

Para la temporada **octubre 2016 a mayo 2017**, hubo **32 eventos de heladas**, con una temperatura mínima de -4,4°C en abril 2017. En este periodo, solo en enero y febrero de 2017, no hubo heladas.

En la tercera temporada, **octubre 2017 a mayo 2018** se presentaron **30 eventos de heladas** con una temperatura mínima de -6,2°C en mayo 2018. En los meses de diciembre y enero no se presentó el problema (Gráfico 9).

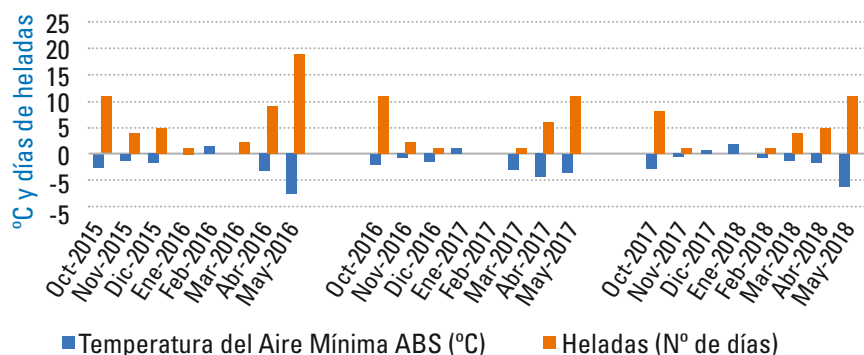


Gráfico 9. Temperaturas mínimas absolutas para el periodo de crecimiento de octubre a mayo. Kampenaike 2015 a 2018. Elaboración propia con datos de agromet.inia.cl.

Además de la implementación de un sistema de alerta y control de heladas, el uso de otras tecnologías como riego, fertilización y el uso de semilla certificada de variedades apropiadas para la zona, ayudan de forma importante a la recuperación de la planta luego de cada evento de helada, ya que, a pesar de la destrucción del follaje, la planta usa sus reservas para seguir desarrollando los tubérculos, siendo capaces de recuperarse y producir satisfactoriamente. La Figura 9, muestra el follaje de una planta afectada por una helada.



Figura 9. Planta de papa afectada por helada. INIA Kampenaike. Comuna de Laguna Blanca.

## VIENTO

La importancia del viento en este medio, se manifiesta en dos aspectos. Los efectos mecánicos, causantes de daños directos y los efectos indirectos que afectan el desarrollo y la fisiología de la vegetación (Endlicher y Santana, 1988).

En el Cuadro 6, se presenta la velocidad promedio del viento durante el periodo del cultivo entre los meses de octubre a mayo de cada temporada. De aquí se puede inferir que el viento es una variable muy importante a considerar en el desarrollo de cualquier cultivo, ya que siempre estará presente. Así mismo, al constatar los valores de las rachas máximas, se observa que éstas pueden ser bastante destructivas para los cultivos, infraestructura y un importante agente causante de erosión, llegando incluso a 112 km/hr.



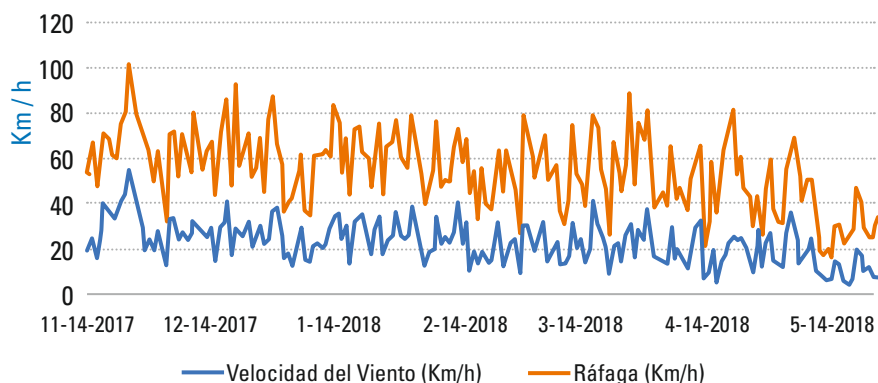
La implementación de cortinas cortaviento ayuda en forma significativa a aminorar el efecto del viento. Sin embargo, éstas deben ser construidas de manera sólida y en la orientación correcta en relación a la dirección del viento predominante para el sector.

**Cuadro 6.** Velocidad promedio del viento (km/h y m/seg) y racha máxima (km/h y m/seg) entre los meses de octubre a mayo, para las diferentes temporadas de cultivo.

| Temperatura        | 2015/2016                 | 2016/2017                  | 2017/2018                 |
|--------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Fecha              | 11 marzo 2016             | 16 enero 2017              | 24 noviembre 2018         |
| Velocidad promedio | 23,87 km/hr<br>6,63 m/seg | 20,90 km/hr<br>5,80 m/seg  | 22,92 km/hr<br>6,36 m/seg |
| Racha Máxima       | 112 km/hr<br>31,10 m/seg  | 93,20 km/hr<br>25,90 m/seg | 100,80 km/hr<br>28 m/seg  |



Para tener una visión más comprensiva de lo que significa el factor viento, en el Gráfico 10 se presenta la velocidad promedio diaria del viento y las rachas máximas diarias para el periodo de crecimiento en la temporada 2017-2018. Es interesante destacar que durante el desarrollo del cultivo no son infrecuentes los registros de rachas máximas mayores a los 60 a 70 km/hr.



**Gráfico 10.** Velocidad promedio del viento y racha máxima diaria para la temporada 2017-2018 en Kampenaike. Elaboración propia con datos de agromet.inia.cl.



## LITERATURA CONSULTADA

Covacevich, N. y E. Ruz. 1996. Praderas en la zona austral: XII Región (Magallanes) pp: 639– 655. *In*: Ruiz, I. (Ed). Praderas para Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 734 p.

De Jong, H., J. Sieczka and De Jong, W. 2011. The Complete Book of Potatoes. Timber Press.Uk. 260 p.

Endlicher, W. y A. Santana. 1988. El clima del sur de la Patagonia y sus aspectos ecológicos. Un siglo de mediciones climatológicas en Punta Arenas. ANS. INST. PAT. Ser. Cs. Ns. Punta Arenas (Chile), vol. 18. Pp 57-86.

Mansilla, M. y D. Arribillaga. 2013. Antecedentes técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en la región de Aysén. Boletín N°272. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamel Aike. 88 p.

Pérez C., C y R. Adonis P. (Eds). 2012. Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Fundación de Desarrollo Frutícola FDF y Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático UNEA, 104p.

Pino, M. y H. Chen. 2016. Efectos de las heladas en el cultivo de papa, y desafíos del mejoramiento genético. Pp: 130-148. *In*: Pino, M. Ed. Estrés hídrico en papas. Avances y protocolos. Boletín INIA 331.

Red Agrometeorológica Nacional. 2018. [www.agromet.inia.cl](http://www.agromet.inia.cl)

Santana, A. 1984. Variación de las precipitaciones de 97 años en Punta Arenas como índice de posibles cambios climáticos. ANS. INST. PAT., Cs. Ns. Punta Arenas (Chile). Vol. 15, 1984 pp 51 – 60.

Santos, J. 2009. Presentación en Día de Campo: Producción de papa-semilla certificada en la región de Magallanes.







## Capítulo IV

### Variedades de papas

#### **Autores:**

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

Brattian Estefó E.  
Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

**N**uestro país se caracteriza por tener una enorme variedad climática debido a su posición geográfica, a la presencia del frente polar antártico y a la influencia del mar. Esta variabilidad climática implica que, al momento de establecer un cultivo de papas, se deban utilizar idealmente variedades adecuadas a las condiciones climáticas propias de cada lugar, para obtener buenos resultados productivos.



Actualmente, Chile cuenta con 89 variedades de papas registradas, de las cuales 34 están aptas para ser comercializadas (Cuadro 7). Nueve de estas han sido desarrolladas en nuestro país, dentro de las cuales, se puede destacar que seis fueron desarrolladas por INIA y tres por la empresa privada Novaseed, el resto son variedades desarrolladas en el extranjero (SAG, 2018). Actualmente, las variedades más exitosas son Karú INIA, Pukará INIA, Patagonia INIA y Yagana INIA, ya que juntas ocupan cerca del 60% del mercado nacional. Estas variedades representan nuevas posibilidades de uso y mercado. Para el agricultor traen alternativas de alto rendimiento para el consumo fresco y agroindustrial (Muñoz, Orena y Kalazich, 2015).

En la región de Magallanes, hasta el año 2015 no había conocimiento de la importancia de contar con variedades adecuadas a las condiciones climáticas extremas existentes en la región, que permitieran lograr una producción satisfactoria, siendo esta una de las causales de la obtención de bajos rendimientos. Ante tal realidad, a partir del año 2015 se introdujeron a Magallanes cinco variedades de papas INIA. Estas fueron seleccionadas en base a su importancia en el mercado nacional, con el objeto de evaluar su adaptación y productividad, para de esta forma, establecer la o las variedades que, bajo condiciones extremas de viento y reiteradas heladas, pudiesen incrementar los actuales rendimientos.

El presente capítulo tiene como objetivo orientar al productor sobre la elección de variedades para su establecimiento a nivel regional, a partir de los resultados obtenidos durante tres temporadas consecutivas (2015-2018), en la evaluación productiva de las 5 variedades previamente señaladas y que fueron establecidas en Magallanes bajo un régimen de cortaviento y riego.



Cuadro 7. Registro de variedades aptas para certificación (RVAC). SAG, 2018.

| Especie-variedad                    | Mantenedor de la variedad                                                |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> L.) |                                                                          |
| Adara – ns                          | Novaseed Ltda.                                                           |
| Ágata                               | Semillas Llanquihue                                                      |
| Asterix                             | Semillas SZ                                                              |
| Atlantic                            | Semillas Llanquihue – comercializadora y productora de semillas pacífico |
| Baraka                              | Willem Bierma                                                            |
| Cardinal                            | Semillas SZ - e.e. Puerto Octay - Willem Bierma                          |
| Cornado                             | Willem Bierma                                                            |
| Desiree                             | Semillas SZ – INIA - e.e. Puerto Octay – Willem Bierma                   |
| FI – 1867                           | Evercrisp snack S.A.                                                     |
| FI – 1879                           | Evercrisp snack S.A.                                                     |
| Innovator                           | Semillas SZ                                                              |
| Kaia – ns                           | Novaseed Ltda.                                                           |
| Karú INIA                           | INIA                                                                     |
| Kuyén INIA                          | INIA                                                                     |
| Markies                             | Semillas Llanquihue                                                      |
| Memphis                             | Semillas SZ                                                              |
| Monalisa                            | Semillas SZ                                                              |
| Mozart                              | Semillas SZ                                                              |
| Patagonia INIA                      | INIA                                                                     |
| Pukará INIA                         | INIA – e.e. Puerto Octay - Willem Bierma                                 |
| Puyehue INIA                        | INIA                                                                     |
| Red Fantasy                         | Semillas Llanquihue                                                      |
| Red Lady                            | Comercializadora y productora de semillas pacífico                       |
| Red Scarlett                        | Semillas SZ                                                              |
| Rodeo                               | Semillas SZ-e.e. Pto. Octay - Willem B.-semillas Llanquihue              |
| Romano                              | E.e. Puerto Octay                                                        |
| Rosara                              | Willem Bierma                                                            |
| Rosi                                | Semillas SZ                                                              |
| Shepody                             | Willem Bierma                                                            |
| Symfonia                            | Semillas SZ                                                              |
| Trauko – ns                         | Novaseed Ltda.                                                           |
| Verdi                               | Agrícola Las Lomas                                                       |
| Vr 808                              | Novaseed Ltda.                                                           |
| Yagana INIA                         | INIA - e.e. Puerto Octay - Willem Bierma                                 |



### ELECCIÓN DE LA VARIEDAD

Al momento de establecer un cultivo de papas, un factor de gran importancia para el éxito productivo, además de la calidad de la semilla y el manejo agronómico, es la correcta elección de la variedad. Al momento de decidir qué variedad establecer se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La aceptación del mercado: considera color de piel, pulpa, forma y sabor
- El potencial de rendimiento y adaptación en el área de producción
- El nivel de resistencia a plagas y enfermedades del cultivo en el área de producción
- El destino de la producción: papa de guarda, temprana y procesamiento agroindustrial

El destino de la producción define en gran medida las características que se le exigen a una determinada variedad, y qué debe cumplir para ser aceptada por el consumidor (Inostroza, 2017).

### DESTINO DE LA PRODUCCIÓN

#### Variedades para consumo fresco

El consumo fresco se refiere a la papa sin procesamiento previo, que se consume en el hogar y que se adquiere en ferias, supermercados, huertos, etc. El consumidor chileno prefiere papas de tamaño medio con forma oval alargadas, y aunque el color de la piel no tiene relación con la calidad culinaria, se dice que hay una marcada preferencia por la papa de piel roja o rosada. Sin embargo, se estima que esta preferencia se debe más bien a un factor de comercialización a nivel de mayoristas que a una preferencia de consumidores (Kalazich, López y Díaz, 2006).

En producción de papa para consumo fresco podemos distinguir dos tipos de cultivo y variedades:

#### 1. Variedades de papa de guarda

Son variedades usadas en plantaciones de primavera, en las zonas centro sur y sur del país. La característica principal de este cultivo es que después de la cosecha, la papa es almacenada por un período que va desde los 2 a 7 o más meses.

Las características principales que deben tener las variedades para producción de papa de guarda son:

- Período de reposo mayor a 4 meses
- Período vegetativo del cultivo mayor a 130 días
- Alto potencial de rendimiento

Algunas variedades que cumplen estas características son Desiree, Karú INIA, Puyehue INIA, Patagonia INIA, Yagana INIA, Rosara y Romano, entre otras.

### 2. Variedades de papa temprana

Son variedades que se utilizan en plantaciones de otoño e invierno, en lugares donde existe menor riesgo de heladas, tales como la zona centro norte del país y en plantaciones de verano en la zona central.

En plantaciones de otoño e invierno, el cultivo se desarrolla en condiciones de baja luminosidad, días cortos, temperaturas moderadas en el día y bajas en la noche, por lo cual las variedades no logran expresar todo su potencial, sin embargo, su producción obtiene los mejores precios de mercado, debido a que está disponible entre los meses de agosto y noviembre, momento en que la cosecha de guarda de la zona sur ha sido comercializada en su totalidad.



Las principales características que deben tener las variedades para producción de papa temprana son:

- Período de reposo menor a 4 meses
- Período vegetativo del cultivo de 90 a 120 días
- Rápido inicio de tuberización y llenado de tubérculos
- Capacidad de desarrollo bajo condiciones ambientales de baja luminosidad, fotoperiodo corto y bajas temperaturas



En plantaciones de verano, realizadas durante el mes de enero, el cultivo al inicio de su ciclo se desarrolla en los meses que presentan altas temperaturas y días largos, sin embargo, al final del ciclo en mayo, el cultivo termina su desarrollo en los meses que presentan bajas temperaturas y días cortos, caracterizándose porque las condiciones de cultivo entre plantación y cosecha son muy diferentes. Por lo cual, las variedades utilizadas en este tipo de plantación, además de ser capaces de crecer con temperaturas por sobre los 25 y 30°C, las cuales no son óptimas para el buen desarrollo de las plantas.

Algunas variedades para cultivos de verano son Pukará INIA, Cardinal, Rosara y Asterix.

### **Variedades para procesamiento agroindustrial**

Estas variedades de papa son completamente distintas a las variedades para consumo fresco por sus características físico químicas y organolépticas, en el contenido de materia seca, azúcares reductores, textura y sabor. Los productos procesados a partir de este tipo de papa más importantes en Chile son:



### 1. Papa frita en bastones

Las variedades para este tipo de procesado deben ser de forma oval-redonda y alargada, con un alto contenido de sólidos totales (óptimo de 24%) y bajo contenido de azúcares reductores (menor a 0,5% en base a peso fresco).

### 2. Papa frita en hojuelas o chips

Las características que deben tener las variedades para esta industria son tubérculos de forma redonda con un diámetro superior a 50 mm. Con un alto contenido de sólidos totales (óptimo de 24%) y muy bajo contenido de azúcares reductores (menor a 0,33% en base a peso fresco).

### 3. Puré instantáneo y almidón

Las variedades para puré instantáneo deben poseer sobre el 20% de materia seca y un moderado contenido de azúcares reductores (inferior a 0,6%).

Para producción de almidón se requieren variedades con un alto contenido de materia seca y un alto contenido de almidón (mayor de 18%).

Dentro de esta industria, para elaboración de ambos tipos de productos, lo importante es el rendimiento más que el color, el aspecto o la forma de los tubérculos.

## DESTINO DE LA PRODUCCIÓN EN MAGALLANES

### Producción para consumo fresco

La región de Magallanes se caracteriza por tener un clima frío que solo permite cultivar papas durante los meses que presentan mejor temperatura, realizando sólo plantaciones de primavera, que generalmente se realizan durante el mes de octubre para obtener una única cosecha durante el mes de marzo-abril.

El período vegetativo del cultivo es largo, alcanzando en las mejores condiciones climáticas los 150 días y con condiciones más extremas puede llegar fácilmente a los 180 días, comenzando la cosecha recién en el mes de abril. Por lo tanto, la producción regional se encuentra disponible, generalmente a partir de este mes, comercializándose para consumo fresco



inmediatamente después de la cosecha. Bajo las condiciones existentes en la región, no es factible realizar un almacenamiento posterior para venta de papa de guarda y tampoco existiría la posibilidad de obtener una papa temprana.

### **Variedades cultivadas en la región**

Las variedades de papa que se cultivan en Magallanes, obedecen más a la tradición familiar, recomendación social y a la disponibilidad varietal que a lo que el mercado exige. Es así que una de las variedades más cultivadas para el Retail es la variedad holandesa Desiree, que tiene buena aceptación debido al color rosado de su piel (característica deseada por el

Retail debido a su resistencia al verdeamiento). No obstante, la tendencia es la disminución de Desiree debido a su susceptibilidad a sarna común (*Streptomyces scabies*) en producciones de secano, siendo reemplazada por otras variedades de piel roja, tales como Patagonia INIA, Puyehue INIA y Karú INIA, que tienen mayor resistencia a enfermedades, además de un mejor comportamiento y adaptación a las condiciones climáticas frías de la región.

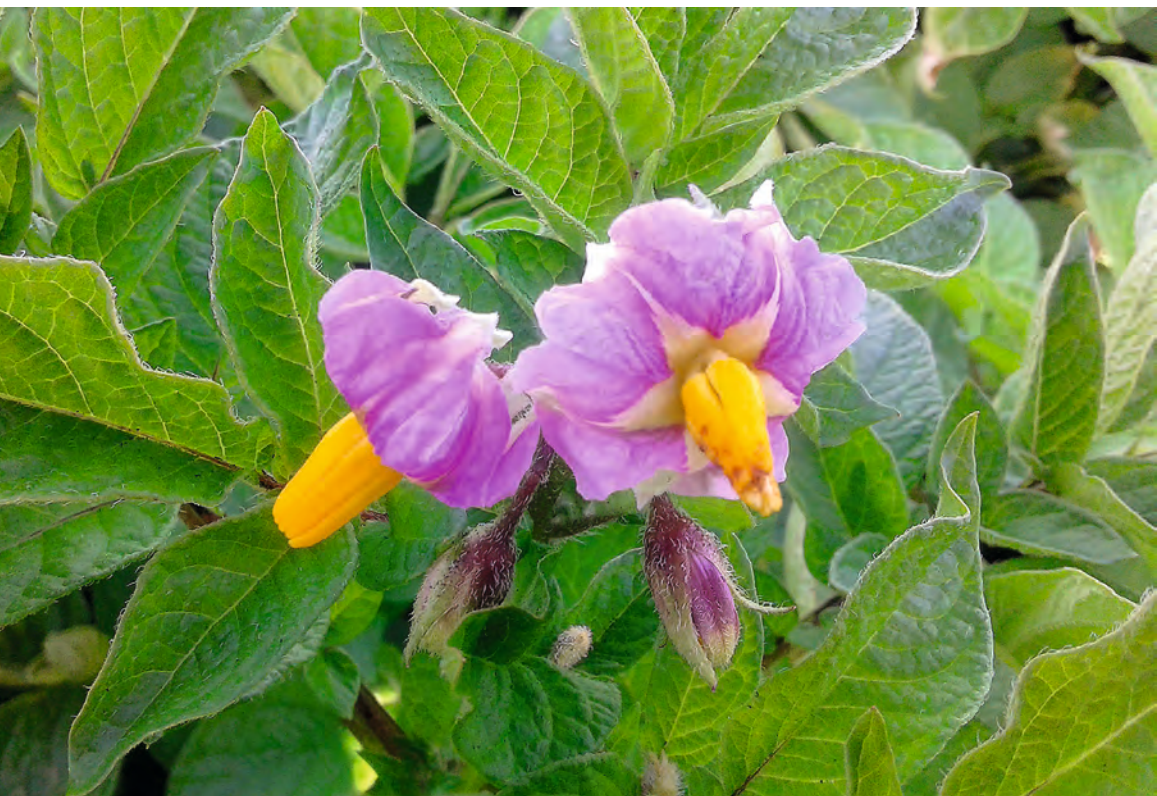
Otras variedades cultivadas de origen desconocido y sin certificar son algunas nativas, introducidas por el propio agricultor, denominadas por ellos mismos como: Cabrita, Michuñe negra, Michuñe blanca, Frutilla, Brujita, Meca de gato, Lengua de vaca, La tonta (introducida desde Argentina) y últimamente, con muy buena demanda por el consumidor debido a su harinosidad y versatilidad culinaria, la variedad de piel blanca Yagana INIA; siendo comercializadas en los mismos huertos, ferias y consumidores locales que llegan al propio predio para su adquisición.





## CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES EVALUADAS EN MAGALLANES\*

### PATAGONIA-INIA



#### Descripción

Tubérculo de forma oval alargada, con ojos muy superficiales, piel roja y pulpa amarilla clara. La planta es de crecimiento semi erecto, con gran desarrollo del follaje, altura media, hojas de color verde intenso y flores de color violeta.

#### Características

De madurez semi tardía (145 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Aproximadamente 22% de materia seca en secano en el sur de Chile. Es una variedad de muy alto rendimiento.

Buena resistencia al Tizón tardío de la papa y a la sarna común (*Streptomyces scabies*), es susceptible al virus PLRV.

Tiene buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 5 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

#### Calidad para consumo

Muy buena calidad para consumo fresco, resistente a la cocción, de muy buen sabor, color y textura suave. Resistente al pardeamiento después de la cocción.

#### Utilización

Se recomienda para consumo fresco y no para uso agroindustrial, en elaboración de pre frito congelado. Recomendable para todas las zonas productoras de papa de Chile, y particularmente apta para la producción de papa temprana.





## YAGANA – INIA



### Descripción

Tubérculo de forma oval, con ojos superficiales, piel amarilla intensa y pulpa amarilla. La planta presenta buen desarrollo de follaje, cubriendo bien la entre hilera, hojas de color verde pálido y abundantes flores de color violeta.

### Características

De madurez semi precoz (120-135 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Aproximadamente 22% de materia seca en secano en el sur de Chile. Es una variedad de muy alto rendimiento.



Alta resistencia de campo al virus del Enrollamiento de las hojas de papa (PLRV), inmune al virus X de la papa (PVX) y poco sensible al virus Y (PVY). Resistente al Nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis*), moderada susceptibilidad al Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y Tizón temprano (*Alternaria solani*) y buena resistencia a Sarna común (*Streptomyces scabies*).

Tiene muy buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 6 a 7 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

#### Calidad para consumo

Muy buena calidad para consumo fresco, resistente a la cocción, de muy buen sabor, color y textura suave. Excelente para todo tipo de preparación culinaria.

#### Utilización

Se recomienda para agroindustria y consumo fresco. Adecuada para la elaboración de puré, papa frita y pre frita congelada tipo bastón. Recomendable para todas las zonas productoras de papa de Chile.



## PUYEHUE – INIA



### Descripción

Tubérculo de forma oval alargada, con ojos muy superficiales, piel roja y pulpa amarillo claro. La planta presenta gran desarrollo de follaje, de altura media, hojas de color verde intenso y flores de color violeta.

### Características

De madurez semi tardía (140-150 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Aproximadamente 22% de materia seca en secano en el sur de Chile. Es una variedad de muy alto rendimiento.

Mediana susceptibilidad al Tizón tardío (*Phytophthora infestans*), mediana resistencia a Sarna común (*Streptomyces scabies*), susceptible al Nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis*) y mediana resistencia al virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV).

Tiene muy buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 5 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

#### **Calidad para Consumo**

Excelente calidad para consumo, resistente a la cocción, de buen sabor, color y textura suave. Buena calidad para papa hervida. En calidad agroindustrial, presenta aptitud para papa frita en condiciones de manejo agronómico apropiado.

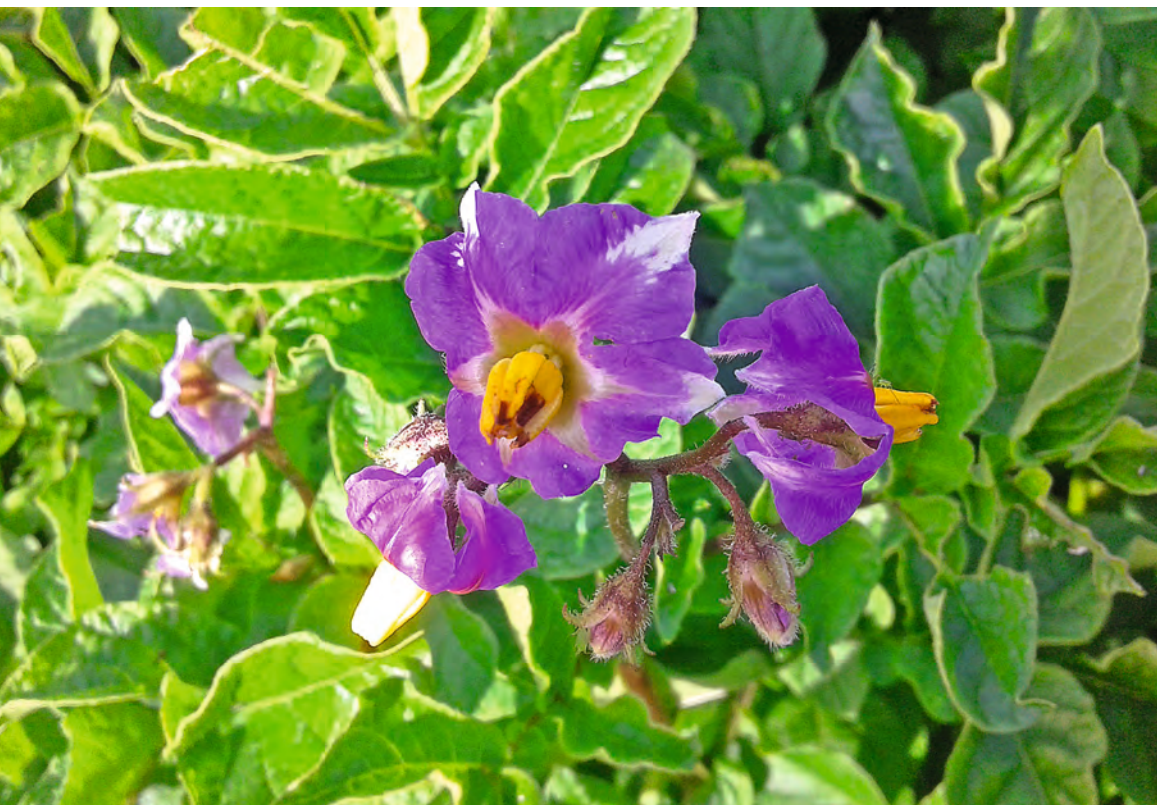
#### **Utilización**

Se recomienda para consumo fresco. Recomendable para todas las zonas productoras de papa de Chile.





## KARÚ – INIA



### Descripción

Tubérculo de forma oval alargada, con ojos muy superficiales, piel roja y pulpa amarillo claro. La planta presenta gran desarrollo de follaje, cubriendo muy bien la entre hilera. Sin embargo, en las primeras semanas después de la emergencia es de crecimiento lento. Hojas de color verde intenso y abundantes flores de color violeta.

### Características

De madurez semi precoz (135-145 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Aproximadamente 22% de materia seca en secado en el sur de Chile. Es una variedad de alto rendimiento.

Extremadamente resistente al Virus X (PVX); moderadamente resistente a los Virus del enrollamiento de las hojas (PLRV), y al Virus Y (PVY); a los causantes de Tizón tardío en follaje (*Phytophthora infestans*), Pudrición seca (*Fusarium sp.*) y Costra negra (*Rhizoctonia solani*) en los tubérculos; y a Pudrición blanda en tubérculos (*Pectobacterium carotovorum*). Moderadamente susceptible a la Sarna común (*Streptomyces scabies*).

Tiene buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 5 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

#### Calidad para consumo

Calidad para consumo muy buena, resistente a la cocción, de muy buen sabor, color y textura suave. Muy buena para todo tipo de preparación culinaria.

#### Utilización

Principalmente para consumo fresco. En fritura, su color en bastones es similar a Yagana INIA y Desiree.



## PUKARÁ - INIA



### Descripción

Tubérculo de forma oval alargada, con ojos medianamente profundos, piel roja intensa y pulpa amarilla. La planta es semi erecta, de buen vigor y con numerosos tallos principales. Hojas de color verde oscuro y abundantes flores de color rosado.

### Características

De madurez semi tardía (140-145 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Sin embargo, tuberiza precozmente con un rápido llenado de tubérculos. Aproximadamente 21% de materia seca en secado en el sur de Chile. Es una variedad de alto rendimiento.



Altamente resistente al Virus del enrollamiento de las hojas (PLRV) e inmune al Virus X (PVX). Medianamente resistente a Sarna común (*Streptomyces scabies*) y susceptible al Nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis*). Necesita un manejo cuidadoso en el almacenamiento para evitar pérdidas por pudriciones secas y blandas causadas por *Fusarium sp.* y *Pectobacterium sp.* Presenta susceptibilidad a *Rhizoctonia solani*. Es altamente resistente a enfermedades o desórdenes fisiológicos.

Tiene buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 4 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

### Calidad para consumo

Excelente calidad para consumo, resistente a la cocción, agradable sabor y mediana harinosidad. No presenta pardeamiento posterior a la cocción.

### Utilización

Adecuada como papa de guarda y especialmente como papa temprana por su rápida tuberización y llenado de tubérculos. Recomendable para todas las zonas productoras de papa de Chile.



## DESIREE



### Descripción

Tubérculo de forma oval alargada, con ojos superficiales, piel rosada y pulpa amarillo claro. La planta es semi erecta, de buen vigor y de altura intermedia. Hojas de color grisáceo oscuro y abundantes flores de color rosado pálido.

### Características

De madurez semi tardía (145-150 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. Aproximadamente 22% de materia seca en secano en el sur de Chile. Es una variedad de alto rendimiento.

Buena resistencia al virus Y de la papa (PVY) y moderada susceptibilidad al virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV). Susceptible a Sarna común (*Streptomyces scabies*).

Tiene buen comportamiento en almacenamiento, con un período de reposo de 4-5 meses en bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.

#### Calidad para Consumo

Buena calidad culinaria, resistente a la cocción, de sabor neutro.

#### Utilización

Adecuada como papa de guarda. También se utiliza para la elaboración de papa frita. Recomendable para todas las zonas productoras de papa de Chile.



\*Fuente: Muñoz M., Orena S., Kalazich J. 2015. Manual interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&etapa=4>



### VARIEDADES EVALUADAS EN MAGALLANES

El ensayo de variedades se llevó a cabo en el Centro Experimental de INIA Kampenaiké, y consistió en establecer y evaluar durante tres temporadas, cinco variedades de papa, destinadas a la producción de consumo. De las variedades establecidas, cuatro son variedades INIA (Patagonia, Pukará, Karú y Yagana), mientras que la quinta variedad correspondió a Desiree, que fue seleccionada como testigo, por ser la variedad mayormente cultivada en la región (Figura 10).



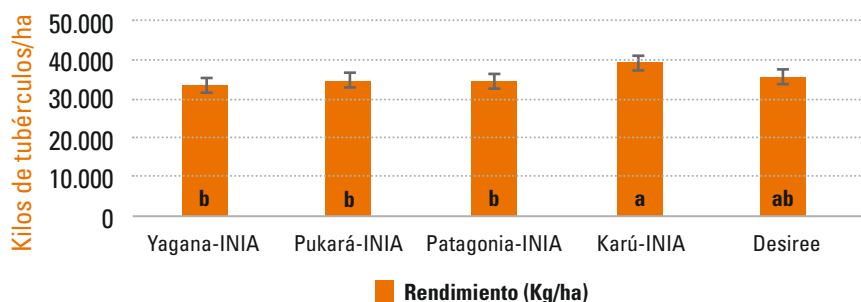
**Figura 10.** Evaluación de cinco variedades de papa para consumo. INIA Kampenaiké, 2016.

Todas las variedades fueron establecidas en la misma fecha y bajo las mismas condiciones, lo que incluyó:

- Densidad de plantación: 3 tubérculos/ml (14 tubérculos/hilera)
- Distancia de plantación: 0,3 m sobre hilera por 0,75 m entre hilera
- Riego: por goteo autocompensado, caudal 2.2 l/hr, cada gotero distanciado a 0,3 m sobre hilera, estableciendo una línea de riego para cada hilera de cultivo
- Cortinas cortaviento: 2 m de alto, distanciadas a 15 m
- Fertilización: Todos los tratamientos fueron fertilizados según análisis de suelo, con la siguiente dosis:
  - 100 kg/ha de N, fuente: Urea
  - 300 kg/ha de  $P_2O_5$ , fuente: Superfósforo triple
  - 300 kg/ha de KCl, fuente: Muriato de potasio

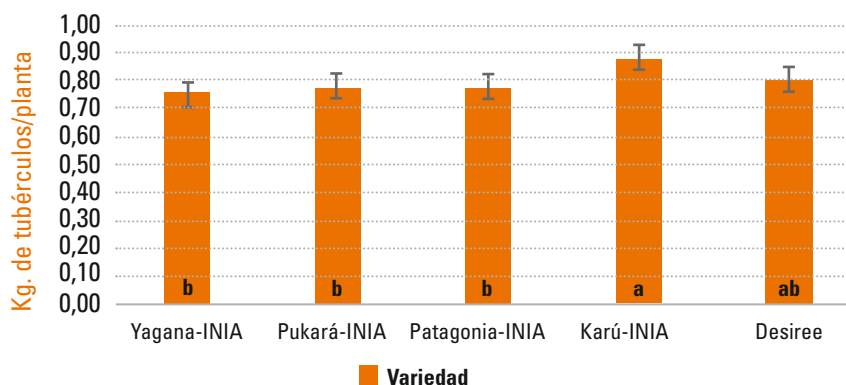
## Resultados

El Gráfico 11 presenta el promedio y la desviación estándar de los kilos de tubérculos por hectárea obtenidos en las variedades Yagana INIA, Pukará INIA, Patagonia INIA, Karú INIA y Desiree. De todas las variedades establecidas, se destaca la variedad Karú INIA, que obtuvo un rendimiento de 39.004 kg/ha. Este rendimiento estuvo por sobre los promedios de producción obtenidos para las variedades Yagana INIA, Pukará INIA y Patagonia INIA, las cuales no superaron los 35.000 kg/ha, no observándose diferencia entre ellas ( $P>0,05$ ). Sin embargo, si bien Karú INIA, fue superior en términos numéricos, no presento diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ) con Desiree, presentando esta última una productividad similar a las otras variedades ( $P>0,05$ ).



**Gráfico 11.** Rendimiento (kg/ha) según variedad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P<0,05$ ).

En el Gráfico 12 se puede observar que al igual que en el rendimiento, Karú INIA obtuvo significativamente más kilos de tubérculos por planta (0,88 kg) que las variedades Yagana INIA, Pukará INIA y Patagonia INIA (0,76 kg y 0,78 kg respectivamente). Estas últimas variedades fueron similares entre ellas ( $P>0,05$ ). Sin embargo, Karú INIA, no presentó diferencias estadísticas significativas ( $P>0,05$ ) con Desiree (0,80 kg). Por otro lado, Desiree estadísticamente, es igual a todas las variedades ( $P>0,05$ ).

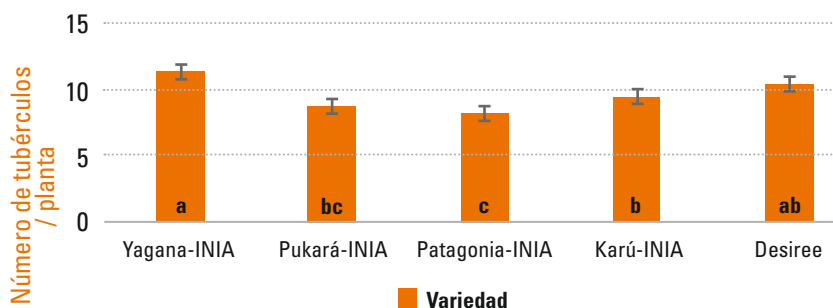


**Gráfico 12.** Kilos de tubérculos por planta según variedad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P<0,05$ ).

En el Gráfico 13 se aprecia que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P\leq 0,05$ ) entre el número de tubérculos por planta de las variedades. Yagana INIA obtuvo el mayor número de tubérculos por planta (11 tubérculos) que Pukará INIA, Patagonia INIA y Karú INIA (con 9,8 y 9 tubérculos respectivamente), sin embargo, no presentó diferencias estadísticamente significativas ( $P>0,05$ ) con Desiree (10 tubérculos). Por otro lado, Desiree no presentó diferencias significativas ( $P>0,05$ ) con Karú INIA y Pukará INIA.







**Gráfico 13.** Número de tubérculos por planta según variedad. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P<0,05$ ).

Las variedades evaluadas en Magallanes superaron las 30 toneladas por hectárea, a pesar de las condiciones climáticas extremas de viento y heladas que se presentaron durante las tres temporadas de evaluación (ver capítulo III). Esto indica que existe una buena adaptación de las variedades evaluadas, a las condiciones de Magallanes, lo que queda claramente reflejado en el incremento de los rendimientos obtenidos (de 6.800 a 40.000 kg/ha). Productivamente, todas se comportaron de manera similar. Resulta interesante destacar que incluso aquellas variedades de madurez semi precoz como Yagana INIA y Karú INIA, las cuales deberían llegar a madurez entre los 120 y 135 días, tuvieron una madurez similar al resto de las variedades semi tardías, llegando todas a madurez entre los 170 y 180 días. Este fenómeno ocurre a causa de las reiteradas heladas que se presentan durante la temporada productiva.



En cuanto a las enfermedades, hay que tener especial cuidado con la variedad Desiree, dado su mayor susceptibilidad a *Streptomyces scabies* (Sarna Común), es necesario que su establecimiento sea siempre bajo riego, para evitar que la bacteria infecte a los tubérculos (ver capítulo XII). Las demás variedades no presentaron problemas de Sarna Común en seco.

## LITERATURA CONSULTADA

Acuña, I., Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

FAO, 2008. Año Internacional de la Papa 2008. <http://www.fao.org/potato-2008/es/index.html>

Inostroza J., 2009. Manual de papa para la Araucanía: manejo y plantación. Boletín INIA N° 193. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 114 p.

Inostroza J., *et al.*, 2017. Manual del cultivo de la papa en Chile. Boletín INIA N° 10. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 143 p.

Mansilla M., Arribillaga, D., 2013. Antecedentes Técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum* L.) en la Región de Aysén. Boletín INIA N° 272. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamei Aike. Coyhaique, Chile. 88 p.

Rojas J.S., Orena, S., edición 2006. Manual de Producción de Papa para la Agricultura Familiar Campesina. Boletín INIA N° 147. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. 172 p.

SAG, 2018. Certificación de semillas y plantas. Registro de variedades aptas para certificación. <http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/registro-de-variedades-aptas-para-certificacion/160/registros>

## Capítulo V

### Calidad del tubérculo semilla

#### **Autores:**

Brattian Estefó E.  
Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaike

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

**E**l éxito de un cultivo de papas, depende en gran medida de la interacción de varios factores, dentro de los cuales se destacan:

- Medio ambiente
- Tecnología aplicada al proceso productivo
- Aptitud genética de las semillas (variedad)
- **Calidad de la semilla a utilizar**

Las semillas juegan un rol primordial a la hora de estimar la potencialidad del cultivo. Es recomendable utilizar semillas de buena calidad, para que éstas puedan expresar al máximo sus características productivas. En el caso del cultivo de papa, se realiza una reproducción vegetativa del material, mediante la utilización de “tubérculos semilla”, lo que permite obtener una producción uniforme tanto genética como fenotípicamente (Orena et al., 2013).





Las semillas de papa representan un insumo sumamente importante para los productores, representando entre el 30% y el 60% de los costos totales del cultivo. En este sentido, los productores deberán definir la calidad de la semilla a utilizar considerando aspectos económicos vs calidad de esta. De acuerdo a lo anterior, es recomendable la utilización de **semilla certificada o semilla de papa legal** (Figura 11). Este tipo de semilla se caracteriza porque tanto su pureza varietal como su condición sanitaria se encuentran garantizadas por el sistema oficial de certificación, que en Chile está normado e inspeccionado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). En Magallanes, sólo se ha inscrito un semillero para la producción de semilla certificada, el que corresponde al semillero de la Estación Experimental INIA Kampenaike, establecido en el año 2015.

### CALIDAD DEL TUBÉRCULO SEMILLA

La calidad del tubérculo semilla va a estar dada en términos generales por dos principios fundamentales: la **condición fitosanitaria de los tubérculos** y su **edad fisiológica** (Acuña et al., 2015).

La condición sanitaria de los tubérculos es muy importante, ya que debido al tipo de reproducción y a su uniformidad genética, es muy probable que, en caso de existir algún tipo de plaga o enfermedad, ésta pueda afectar fácilmente al resto del cultivo, disminuyendo tanto los rendimientos como la calidad de la producción.

Por otro lado, la edad fisiológica de los tubérculos será un indicador muy importante para determinar el potencial de producción de un cultivo, ya que se encuentra directamente relacionado con la capacidad de brotación que van a tener los tubérculos y, por ende, sobre el rendimiento potencial del cultivo.



**Figura 11.** Tubérculos semilla certificados. INIA Kampenaike, septiembre de 2017.

## CONDICIÓN FITOSANITARIA

La condición fitosanitaria está relacionada a la carga de enfermedades que pueda tener un tubérculo semilla (Mansilla y Arribillaga, 2013); estas enfermedades son causadas por hongos, bacterias y virus.

La composición química de los tubérculos, ricos en almidón, hace que éstos sean muy atractivos para microorganismos como bacterias y hongos principalmente. Por esta razón, cualquier daño que tengan los tubérculos facilitará la entrada de cualquier patógeno que pueda causar enfermedades desarrolladas en las semillas durante el almacenamiento. Las principales enfermedades causadas por hongos en la región son: costra negra (*Rhizoctonia solani*) (Figura 12) y pudrición seca (*Fusarium sp*); y las causadas por bacterias son: pudrición blanda (*Pectobacterium spp.*) y sarna común (*Streptomyces scabies*).

En Chile, las enfermedades más importantes desde el punto de vista económico son aquellas provocadas por virus. La papa es una especie que se propaga de forma vegetativa, por tanto, los virus que presenta una determinada planta pasan a la siguiente generación a través de los tubérculos empleados para la multiplicación. En la nueva generación, nuevos virus de la misma u otras especies se pueden ir sumando a los ya existentes, lo que incrementa la carga de virus que estas plantas presentan. Estos virus afectan al cultivo de manera sistémica, generando un proceso conocido como “degeneración gradual de las variedades de papa”, que en la práctica se traduce en la pérdida de la capacidad de las semillas para alcanzar buenos rendimientos.



**Figura 12.** Tubérculos semilla en mala condición fitosanitaria. Presencia de infección por el hongo *Rhizoctonia solani*.

El Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), institución chilena oficial de certificación, realiza fiscalizaciones periódicas para detectar síntomas de enfermedades tanto en plantas a campo (Cuadro 8), como en tubérculos al momento de la cosecha (Cuadro 9) y en bodega, posterior a la selección de papas (Cuadro 10), de modo de verificar el cumplimiento de tolerancia máxima de virus, bacterias y hongos que estipula la “Norma específica de certificación de semillas de papa”, que el comprador puede verificar en la etiqueta de certificación que se encuentra adherida a la malla. Esta etiqueta indica la categoría y/o clase del tubérculo semilla, que dependiendo de la generación y el porcentaje de enfermedades que presente al momento de la inspección, puede ser:

### **SEMILLA PRE BÁSICA CLASE 1**

Corresponde a la primera generación en campo a partir del material parental, proveniente de material G0 (material parental que proviene de un cultivo in vitro cuyo origen es de un clon inicial de una variedad) o G1 (producciones a partir de plántulas o microtubérculos provenientes de G0).

### **SEMILLA PRE BÁSICA CLASE 2**

Corresponde a la segunda generación en campo a partir de material parental, proveniente de tubérculos de categoría pre básica clase 1.

### **SEMILLA PRE BÁSICA CLASE 3**

Corresponde a la tercera generación en campo a partir de material parental, proveniente de tubérculos de categoría pre básica clase 2 o pre básica clase 1.

### **SEMILLA BÁSICA CLASE 1**

Corresponde a la semilla que proviene de semilla pre básica clase 3 o generaciones anteriores a éstas.

### **SEMILLA BÁSICA CLASE 2**

Proveniente de semilla básica clase 1 o generaciones anteriores a éstas.

### **SEMILLA CERTIFICADA**

Proveniente de la multiplicación de semilla pre básica producida bajo certificación, básica o certificada de generaciones anteriores. Las generaciones de semilla certificada se denominarán:

- Semilla certificada primera generación (C1)
- Semilla certificada segunda generación (C2)
- Semilla certificada tercera generación (C3)



**Cuadro 8.** Tolerancia máxima en semilleros. Porcentaje (%) de plantas. Norma específica de certificación de semillas de papa. SAG 2017.

|                                         | Prebásica |         |         | Básica  |         | Certificada |     |     |
|-----------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|---------|-------------|-----|-----|
|                                         | Clase 1   | Clase 2 | Clase 3 | Clase 1 | Clase 2 | C1          | C2  | C3  |
| <b>Porcentaje de plantas (%)</b>        |           |         |         |         |         |             |     |     |
| <b>Fuera de tipo y otras variedades</b> | 0,0       | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,0     | 0,1         | 0,2 | 0,2 |
| <b>Virosis grave (a)</b>                | 0,1       | 0,2     | 0,2     | 0,3     | 0,4     | 1           | 2   | 3   |
| <b>Virosis leve (b)</b>                 | 0,1       | 0,2     | 0,2     | 0,3     | 0,4     | 1           | 2   | 3   |
| <b>Total virosis</b>                    | 0,15      | 0,3     | 0,3     | 0,5     | 0,6     | 1,5         | 3   | 5   |
| <b>Pie negro (c)</b>                    | 0,1       | 0,3     | 0,3     | 0,5     | 0,5     | 1           | 2   | 3   |

a) Virosis grave: se considerarán aquellas que producen deformaciones de las hojas, mosaico severo, necrosis y alteraciones en el hábito de crecimiento de las plantas.

b) Virosis leve: se considerarán aquellas que sólo producen leves cambios de tonalidad en el color normal de algunos sectores de las hojas sin provocar deformaciones.

c) Pie negro (*Pectobacterium* spp.): los porcentajes indicados deberán cumplirse.

**Cuadro 9.** Tolerancia máxima para pruebas de post cosecha. Norma específica de certificación de semillas de papa. SAG 2017.

| <b>Categoría</b>                 | <b>Tolerancia máxima para post cosecha (% de plantas) total virosis (*)</b> |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pre básica</b>                | 0,5                                                                         |
| <b>Básica</b>                    | 1,0                                                                         |
| <b>Certificada 1a generación</b> | 3,0                                                                         |
| <b>Certificada 2a generación</b> | 5,0                                                                         |
| <b>Certificada 3a generación</b> | 9,0                                                                         |

(\*) Virosis total: PLRV, PVY y PVX.

Si las pruebas de post cosecha indican que no se cumplen los requisitos para la categoría, deberá modificarse la clasificación de los lotes que aún no se hubieran comercializado.

Una vez cumplido con el proceso de certificación de la semilla, el Servicio Agrícola y Ganadero emitirá un Certificado Final que ampara él o los lotes aceptados de semilla, consignando la fecha de emisión.

**Cuadro 10.** Tolerancia máxima en tubérculos. Porcentaje (%) máximo constatado sobre una muestra, en base al peso (en bodega, posterior a la selección). Norma específica de certificación de semillas de papa. SAG 2017.

|                                                          | PB/B       | C1/C2      | C3                                          |             |
|----------------------------------------------------------|------------|------------|---------------------------------------------|-------------|
|                                                          |            |            | Grado A                                     | Grado B     |
|                                                          |            |            | Tolerancia máxima en tubérculos (% en peso) |             |
| Pudrición húmeda (a)                                     | 0,0        | 0,1        | 0,1                                         | 1           |
| Pudrición seca                                           | 0,0        | 0,3        | 0,3                                         | 1           |
| Tizón tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> )           | 0,0        | 0,2        | 0,2                                         | 0,2         |
| Sarna polvorienta ( <i>Spongospora subterránea</i> ) (b) | 0,0        | 0,5        | 0,5                                         | 1           |
| Sarna común ( <i>Streptomyces spp.</i> ) (c)             | 5 (33,3) * | 5 (33,3) * | 5 (33,3) *                                  | 10 (33,3) * |
| Costra negra ( <i>Rhizoctonia solani</i> ) (d)           | 5 (10) *   | 5 (10) *   | 5 (10) *                                    | 10 (10) *   |
| <i>Meloidogyne spp</i> (e)                               | 0,0        | 1          | 1                                           | 2           |
| Defectos externos (f)                                    | 2          | 5          | 5                                           | 5           |
| Otras variedades (g)                                     | 0,0        | 0,1        | 0,1                                         | 0,1         |
| Materia inerte                                           | 1          | 2          | 2                                           | 2           |
| Deshidratación excesiva                                  | 1          | 4          | 4                                           | 5           |
| Deshidratación excesiva con pulpa negra                  | 0,0        | 0,5        | 0,5                                         | 1           |
| <i>Ditylenchus destructor</i>                            | 0,0        | 0,0        | 0,0                                         | 0,0         |

- a) Incluye además tubérculos afectados por descomposición por temperatura.
- b) Tubérculos no deben presentar más de 5 pústulas, las que en conjunto no podrán exceder 1 cm<sup>2</sup> de la superficie del tubérculo.
- c) Considera tubérculos con ataque mayor a 33,3% de la superficie afectada.
- d) Considera tubérculos con ataque mayor a 10% de la superficie afectada.
- e) Tubérculos con agallas claramente visibles.
- f) No se aceptan: tubérculos trozados, ahusados, con crecimientos secundarios, acinturados, piriformes, ni daños graves causados por magulladuras, cortes, depresiones, fisuras, reticulados, agrietamientos profundos e insectos.
- g) Tubérculos claramente diferenciables de la variedad en certificación.

## EDAD FISIOLÓGICA

Desde el inicio de su formación en el suelo, los tubérculos se desarrollan de manera continua, tanto morfológica como fisiológicamente. Es por esto, que hablamos de que los tubérculos van a tener una **edad cronológica** y una **edad fisiológica**.

La **edad cronológica** corresponde al tiempo cronológico del tubérculo, mientras que la **edad fisiológica** hace referencia a los constantes cambios desde el punto de vista fisiológico, desde su almacenamiento (inmediatamente posterior a la cosecha) hasta la próxima plantación.

Para lograr buenos rendimientos, es muy importante realizar la plantación con tubérculos que se encuentren en una edad fisiológica óptima. En general, se asocia a la edad fisiológica con la capacidad de brotación que tienen los tubérculos después de su formación en la planta de papa o de su cosecha en el campo (FAO, 2008).

De acuerdo a lo anterior, los tubérculos luego de ser cosechados cumplirán cuatro estados fisiológicos, siendo al comienzo de este ciclo fisiológicamente muy jóvenes y al final del ciclo como fisiológicamente muy viejos. Estos estados o períodos son:

### PERÍODO DE LATENCIA O REPOSO

En este período los tubérculos tienen una baja tasa de respiración, y corresponde a la etapa comprendida entre la cosecha (inicio del almacenaje) hasta la aparición de los primeros brotes. La duración de este período dependerá de la variedad, condiciones de suelo y clima durante la temporada de desarrollo del cultivo, la madurez del tubérculo al momento de la cosecha, y de las temperaturas de almacenamiento. Por ejemplo, un tubérculo que se encuentre inmaduro al momento de la cosecha, tendrá un menor período de latencia que un tubérculo que presente una madurez adecuada (Figura 13).



**Figura 13.** Tubérculo semilla en estado de latencia o reposo. Punta Arenas, 2018.



## DOMINANCIA APICAL

Hace referencia a la etapa en que comienza la brotación de los tubérculos, la cual se caracteriza por la presencia única de la yema que se encuentra en el ápice del tubérculo.

Esta dominancia no es deseable debido a que, al plantar la semilla en este estado, generalmente desarrolla sólo un tallo principal, por lo cual, antes de la plantación es necesario remover el brote apical para estimular la brotación de las demás yemas, lo que dará origen al desarrollo de múltiples tallos por planta (Figura 14).



**Figura 14.** Tubérculos semilla en estado de dominancia apical. Punta Arenas, 2018.

## BROTACIÓN MÚLTIPLE

Su principal característica es el comienzo de la brotación en los tubérculos de manera uniforme, es decir, comienza la brotación de varias yemas al mismo tiempo y de manera uniforme en el tubérculo.

**Corresponde a la etapa ideal (desde el punto de vista fisiológico) en la que se deben encontrar los tubérculos para la plantación.** Sin embargo, para que este estado ocurra de manera adecuada, es muy importante almacenar

los tubérculos semilla a luz difusa, para que se generen brotes vigorosos y cortos (Figura 15. Izq.), que posteriormente se transformarán en tallos fuertes y resistentes. Por el contrario, si los tubérculos semilla se almacenan en completa oscuridad, se desarrollarán brotes alargados, débiles y susceptibles al desprendimiento (Figura 15. Der.).



**Figura 15.** Tubérculos semilla en estado de brotación múltiple. Brotación ideal para plantación (Izq.). Brotación inadecuada debido a un almacenamiento en oscuridad (Der.). Punta Arenas, 2018.

## SENECTUD

Es el estado en el cual el tubérculo semilla se encuentra fisiológicamente viejo, observándose ramificación excesiva de los brotes, sin capacidad de generar plantas productivas, por lo cual no es recomendable plantarlo. La senectud puede ser retardada, produciendo y almacenando tubérculos semilla a bajas temperaturas. Los tubérculos producidos durante una temporada cálida del cultivo, alcanzan el estado de senectud más rápido que los producidos durante una temperatura fría (Figura 16).



**Figura 16.** Tubérculo semilla en estado de senectud. Punta Arenas, octubre de 2018.



Como se dijo anteriormente, las semillas juegan un rol primordial a la hora de estimar la potencialidad del cultivo, por lo cual es recomendable utilizar semillas de buena calidad, para que éstas puedan expresar al máximo sus características productivas. En base a esto, es de suma importancia la utilización de semilla certificada, ya que se caracteriza porque su pureza varietal y condición fitosanitaria, se encuentran garantizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Dentro de esto, al momento de la adquisición, hay que verificar la edad fisiológica de la semilla, optando siempre por semillas fisiológicamente jóvenes, que deseablemente se encuentren en etapa de brotación múltiple.



## LITERATURA CONSULTADA

Acuña, I., Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Inostroza, J. 2009. Manual de Papas en La Araucanía: Manejo y Plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Carillanca, Km. 10 camino Cajón-Vilcún, comuna de Vilcún, Región de la Araucanía. Chile.

Mansilla M., Arribillaga, D., 2013. Antecedentes Técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum* L.) en la Región de Aysén. Boletín INIA N° 272. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 88 p.

Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2008. El año internacional de la papa 2008. FAO. Roma, Italia. 36 p.

Orena, S., Santos, J. y Kalazich, J. 2013. Producción de papa semilla. Informativo 114. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Remehue. Osorno, Chile.

SAG, 2017. Certificación de semillas y plantas. Norma específica de certificación de semillasdepapa[https://www2.sag.gob.cl/sag\\_al\\_dia/consultas\\_publicas/norma\\_certificacion\\_papa.pdf](https://www2.sag.gob.cl/sag_al_dia/consultas_publicas/norma_certificacion_papa.pdf)



## Capítulo VI

### Elección de sitio, preparación de suelo y aporca

#### Autores:

Brattian Estefó E.  
Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaike

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

La elección del sitio a utilizar y la posterior preparación del suelo son aspectos determinantes, tanto para alcanzar los rendimientos potenciales del cultivo de papas, como también para la calidad del producto a cosechar. De esta manera, suelos con condiciones desfavorables van a requerir de un manejo agronómico más intensivo, pudiendo esto incidir sobre la rentabilidad del cultivo. Lo anterior, cobra vital importancia para aquellos productores que están comenzando a trabajar con el cultivo de papa o aquellos que arriendan potreros para cultivar. Además, es muy importante tener en cuenta que, a pesar de tener un suelo con buenas condiciones físico-químicas, si la **preparación de suelo** es deficiente y no se logra formar una adecuada cama de semillas, los rendimientos se verán igualmente perjudicados.





## ELECCIÓN DE SITIO

La elección del sitio a utilizar para el establecimiento de papas, corresponde al primer paso a realizar previo al cultivo. Este punto contempla un análisis que va desde aspectos generales, como la definición del lugar geográfico, hasta características mucho más específicas como las condiciones físico-químicas del suelo. La elección del sitio debe contemplar básicamente los siguientes aspectos:

### LUGAR GEOGRÁFICO

Consiste en la planificación del cultivo, teniendo en cuenta condiciones generales del lugar, como el clima o la profundidad de suelo. Por ejemplo, se podrá definir si un cultivo estará ubicado en un lugar con mayor pluviometría, susceptible a inundaciones, en una zona libre de plagas, etc.

En el caso de Magallanes, los sectores de huertos familiares tanto en Punta Arenas como en Puerto Natales generalmente cumplen con los requerimientos mínimos en cuanto a aptitudes para el cultivo de papas. Por otro lado, en Porvenir y en Puerto Williams es mucho más común observar terrenos de huertos con profundidades de suelo menores a 25 cm, lo que dificulta en gran medida un correcto desempeño del cultivo.

En cuanto a la pluviometría, si bien existen diferencias entre zonas de transición y zonas de estepa, la evapotranspiración observada representa un punto aún más relevante, es por ello que independientemente de la zona donde se encuentre el cultivo, va a ser indispensable la aplicación de riego.

### ROTACIÓN DE CULTIVOS

Radica en el conocimiento del historial de cultivos que posee el lugar que se desea utilizar, además de considerar la planificación de los cultivos hacia el futuro. De esta manera se podrá detectar algún tipo de enfermedad que pueda tener el suelo. Uno de los ejemplos más claros de esto es el nemátodo pálido de la papa (*Globodera pallida*), el cual, se encuentra presente en Magallanes y, al ser considerado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) como una plaga cuarentenaria, imposibilita de cultivar papas a aquellos agricultores cuyos predios estén infectados. Por otro lado, también es posible detectar deficiencias nutricionales ocasionadas por la extracción de algunos cultivos específicos.

En el caso específico de las papas, idealmente se recomienda rotar el cultivo todos los años, es decir, volver a utilizar un mismo potrero con papas luego de 3 años de ser ocupado con otros cultivos. Se deben evitar rotaciones con cultivos de la familia de las solanáceas, como por ejemplo tomates, berenjenas, pimientos, etc. y se deben favorecer las rotaciones con cereales como la avena, trigo y cebada entre otros. También es recomendable incluir en la rotación a algunos cultivos de la familia de las leguminosas, tales como: arvejas, habas, etc.

## TOPOGRAFÍA DEL LUGAR

Hace referencia al análisis de características topográficas, teniendo en cuenta los efectos que estos puedan tener sobre el cultivo, como por ejemplo: la exposición al viento o la susceptibilidad a anegamientos. Por otra parte, terrenos con pendientes pronunciadas dificultarán los manejos agronómicos y favorecerán la erosión de los suelos. Los terrenos con una topografía más plana o con lomajes suaves, facilitarán en gran medida los manejos propios del cultivo de papa como lo son: la preparación de suelo, la plantación, la aporca y la cosecha.

En el caso de Magallanes, es común observar principalmente dos limitantes, la exposición al viento y la profundidad de suelo. La exposición al viento es un punto muy importante, ya que hace que el cultivo se desarrolle en un ambiente de continuo estrés. Además, dependiendo de la intensidad del viento, puede incluso provocar daño mecánico en las plantas, quebrando tallos o quemando hojas. En este sentido, el agricultor deberá evaluar el grado de exposición del lugar y evaluar la implementación de cortinas cortavientos, según sea necesario.

Huertos de agricultores, generalmente, pueden verse beneficiados al cultivar en sectores aledaños a construcciones tales como cercos, invernaderos, bodegas, y otras construcciones, sin embargo, es muy importante considerar la exposición a la luz que pueda tener el cultivo. Por otra parte, una característica típica de los suelos en Magallanes corresponde a la escasa profundidad de los suelos, en donde es común encontrar sitios con profundidades de no más de 20 cm, específicamente en zonas de estepa, condición que dificulta en gran medida las labores para el cultivo de papas.

## CONDICIÓN DE PH DEL SUELO

El pH corresponde al grado de acidez o alcalinidad de un suelo. Dependiendo

de la acidez o alcalinidad que tenga un suelo, puede llegar a transformarse en una limitante para algunos cultivos.

Como norma general, los valores de pH van entre 0 y 14, en donde un pH de 7 corresponde a un valor neutro, valores menores a 7 corresponden a un pH ácido y mayores a 7 a un pH básico. La mayoría de los nutrientes se encuentran disponibles (aptos para ser aprovechados por las plantas) en suelos cuyos valores de pH están entre 6,0 y 7,0. Específicamente, el cultivo de papa, se caracteriza por desarrollarse mejor con valores entre 5,5 y 7,0. Para conocer el valor del pH del suelo es necesario realizar un análisis químico.

## DRENAJE DEL SUELO

Tiene relación con el paso del agua a través del perfil de suelo. Suelos con un mal drenaje no permitirán la correcta aireación del sistema radicular y de los tubérculos. Además, la acumulación de humedad favorecerá la incidencia de enfermedades fungosas (causadas por hongos), provocando pérdidas en la calidad del producto y en los rendimientos.

El drenaje de los suelos corresponde a una característica muy específica para cada sitio. En Magallanes, se debe tener especial cuidado en zonas húmedas o zonas de vegas, en donde las napas freáticas puedan aumentar sus niveles hacia los meses de otoño (marzo-abril-mayo), dificultando e incluso poniendo en riesgo la labor de cosecha de papas.

Además de los puntos anteriormente mencionados, se deben considerar algunos conceptos básicos de propiedades físicas del suelo para entender de mejor manera su relación con la “preparación” de éste, previo al cultivo. En primer lugar, se debe comprender que el suelo está compuesto de tres fases, una sólida, una líquida y otra gaseosa. La fase sólida, está compuesta por partículas orgánicas e inorgánicas. La fase líquida está constituida por el agua del suelo, la que además posee sustancias disueltas. Finalmente, la parte gaseosa está constituida por la atmósfera del suelo y por diferentes gases.

La fase sólida, específicamente la inorgánica, está compuesta por tres fracciones de diferente tamaño, denominadas arena (partículas más “grandes”), limo (partículas de tamaño “intermedio”) y arcilla (partículas “pequeñas”). La proporción en que se encuentren estas partículas determinará la textura del suelo. La textura corresponde a una de las propiedades físicas



del suelo más importantes, ya que influye directamente en las relaciones del suelo con las plantas. Además, es una propiedad no transformable a escala agrícola. Es importante mencionar que la textura posee una influencia sobre la porosidad del suelo, la aireación, la retención y movimiento de agua en el suelo, escurrimiento superficial e infiltración, susceptibilidad a la erosión y fertilidad.

Por otro lado, un concepto muy importante a considerar es la estructura del suelo, la cual está definida por la agregación del suelo. Es importante comprender que la estructura de un suelo **sí es una característica modificable**.

Es posible distinguir cuatro tipos de estructuras:

- Laminar: los agregados pueden ser de diferente espesor, con el eje horizontal más desarrollado. En este tipo de estructuras, la infiltración de agua tiende a ser lenta
- Prismática: en ella, los agregados son alargados y tienen un eje vertical de mayor tamaño que el eje horizontal. Se observa una infiltración de agua a una velocidad moderada
- De bloques: se caracteriza porque los ejes tanto horizontales como verticales son de dimensiones similares, de tal manera que los agregados son aproximadamente equidimensionales
- Granular: consiste en pequeñas “esferas” porosas, con caras redondeadas y superficies irregulares (Honorato, 2000)

Al igual que la textura, la estructura influye en diferentes aspectos tales como: la capacidad de retención de agua y la infiltración, la aireación, el intercambio gaseoso, la compactación del suelo, el desarrollo radical y la susceptibilidad a la erosión.

**Idealmente se debe buscar un sitio con poca exposición al viento, un suelo poco compacto, con un buen contenido de materia orgánica, libre de napas freáticas superficiales y de piedras que pudieran afectar tanto el crecimiento como la forma de los tubérculos.**

## PREPARACIÓN DE SUELO

El objetivo de la preparación de suelo, es mejorar las características de estructura de éste y así proporcionar las condiciones necesarias para una

buena brotación de los tubérculos semilla, un posterior establecimiento del cultivo y una buena formación de tubérculos.

Particularmente, lo que se busca lograr con la preparación de suelo, es favorecer una rápida emergencia, que las raíces logren una penetración profunda y que se alcancen las condiciones adecuadas para mantener un buen drenaje.

La conformación de la cama de semillas o cama de siembra corresponde a todo el perfil de suelo que es alterado por las labores de labranza (Inostroza, 2009). De esta manera, un suelo bien mullido favorecerá a una rápida emergencia y el desarrollo de raíces. Cabe mencionar que las plantas de papa se caracterizan por tener un sistema radicular débil (Mansilla y Arribillaga, 2013), por lo que el éxito del cultivo se verá influido de manera muy importante por las condiciones que este tenga. Posteriormente, una vez que la planta se va desarrollando, su rápido crecimiento le ayudará en la competencia temprana con las malezas y a tener una mejor resistencia a eventos climáticos como vientos y heladas.

Además, un suelo bien preparado, favorecerá en la eficiencia del traslado de agua, como también su almacenamiento. Un suelo con buena estructura beneficiará el intercambio gaseoso, contribuyendo en la actividad microbiológica, favoreciendo luego a la degradación de la materia orgánica y a la liberación de nutrientes (Bello y Pino, 2000).

En algunos casos, previo a la preparación de suelo será necesaria la aplicación de un herbicida, idealmente sistémico, que permita eliminar la capa vegetal. De esta manera se podrán eliminar algunas especies perennes, que mantienen órganos reproductivos (de tipo vegetativo) subterráneos. Esto favorecerá en la preparación de suelo y permitirá que la germinación de malezas sea más lenta y que la competencia con la planta de papa sea menor (Acuña et al., 2015).

Cuando hablamos de preparación de suelo, básicamente nos referimos a su acondicionamiento mediante labranza. El nivel de intervención que tendrá el suelo dependerá de las condiciones específicas que el sitio presente. Es importante señalar que un suelo excesivamente laboreado puede ser igualmente perjudicial para los cultivos (debido a la pulverización de éste, favoreciendo la compactación y, con ello, un difícil desarrollo radicular y un pobre traslado de agua) como un suelo con condiciones desfavorables.

Dentro de los tipos de labranza, estas se pueden diferenciar en 2 grandes grupos: una labranza primaria o aradura y labranza secundaria o rastraje.

En Magallanes, cuando se desea cultivar sobre suelos vírgenes, generalmente se recomienda realizar una labranza primaria previa al invierno, y así aprovechar el efecto de disgregación que provoca la escarcha en los terrones recién volteados, además de la eliminación de malezas. Idealmente, para el cultivo de papa se debería trabajar a una profundidad de 40 cm. Para dicha labor es posible utilizar un arado de vertedera o bien un arado de discos (Figura 17). Lo anterior tendría lugar en los meses de mayo-junio, una vez terminada la temporada productiva y antes que las condiciones climáticas no permitan realizar el movimiento de suelo producto de la escarcha y la dificultad que esto trae para operar la maquinaria. El correcto uso de la maquinaria es un punto importante a considerar, ya que la mala utilización de ésta puede hacer que el productor deba destinar recursos importantes en la reparación o reposición de sus equipos, afectando gravemente la rentabilidad del cultivo.

Posteriormente, alrededor de un mes antes de la plantación (en septiembre, considerando una plantación promedio a mediados de octubre) y si es que la humedad del suelo lo permite, se debe comenzar con las labores de labranza secundaria. La cantidad de pasadas del implemento dependerá de las características que tenga el suelo. Por ejemplo, la utilización de una rastra, un rotovator o rototiller (Figura 18 y 19). Estas últimas maquinarias, ayudarán además a emparejar el terreno, factor muy relevante durante la labor de plantación.



**Figura 17.** Labranza primaria de suelo mediante arado de vertedera, Estancia Kampenaike, mayo de 2016.





**Figura 18.** Preparación de suelo utilizando rototiller (labranza secundaria), Estancia Kampenaike, septiembre de 2015.



**Figura 19.** Labranza de suelo mediante rastra offset (labranza secundaria), Estancia Kampenaike, septiembre de 2016.



**Figura 20.** Suelo preparado, en condiciones adecuadas para realizar la plantación de papas, Estancia Kampenaike, septiembre de 2016.

Es importante considerar la tendencia global que indica que es preciso realizar la menor cantidad posible de labranzas, ya que existen evidencias que afirman que el sistema de labranza tradicional (realización de aradura primaria seguida de varias pasadas de rastra) favorece a la erosión, la contaminación de los ambientes y a la degradación nutricional de los suelos.

### CONTROL DE MALEZAS

El término “maleza”, se refiere a cualquier tipo de planta que se desarrolla de manera espontánea en un cultivo, compitiendo por agua, nutrientes y espacio, afectando a la producción final del cultivo. Las malezas se clasifican, de acuerdo a su ciclo de vida, en anuales, bianuales y perennes (Cuadro 11) (Matthei, 1995).

**Cuadro 11.** Clasificación de las malezas, según su ciclo de vida.

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Anuales</b>   | Completan su ciclo de vida en un único periodo de crecimiento. En la fase de crecimiento, estas especies germinan, crecen, florecen, dan frutos, alcanzan su madurez y mueren. Algunas malezas anuales completan su ciclo de vida en sólo semanas, produciendo varias generaciones en un solo año.        |
| <b>Bianuales</b> | Son plantas que completan su ciclo de vida en dos años. Generalmente, el primer año crecen y se desarrollan, para generar sus inflorescencias y semillas en la primavera del segundo año.                                                                                                                 |
| <b>Perennes</b>  | Son aquellas que viven durante dos o más años. Estas plantas pierden la parte aérea en invierno, sin embargo, las raíces se mantienen vivas para que al llegar la primavera vuelvan a rebrotar, repitiéndose el ciclo vegetativo. Las malezas perennes se propagan por semillas, tallos o trozos de raíz. |

El manejo de las malezas corresponde a una labor importante para el desarrollo de las plantas de papa. En primer lugar, se debe considerar el control de malezas durante la preparación de suelo, es decir, previo al establecimiento del cultivo. Es fundamental que el suelo se encuentre libre de malezas a la hora de plantar, de tal forma que éstas no compitan con las plantas de papa por nutrientes, agua y luz.

Existen dos métodos para controlar malezas. Por un lado, se encuentra el **control mediante productos químicos y por otro lado se encuentra el control mecánico**. Además, en ocasiones es posible realizar una combinación de ambos.

El control mediante productos químicos, consiste básicamente en la aplicación de herbicidas para eliminar las especies no deseadas para el cultivo de papas. Comúnmente existen dos épocas donde aplicar herbicidas. La primera es previa a la preparación de suelo, en donde se utiliza generalmente un herbicida sistémico no selectivo, como lo es el glifosato (un herbicida sistémico, penetra en las hojas y circula a través de la savia de la planta hasta la extremidad de las raíces más profundas, lo cual permite destruir en profundidad algunas malas hierbas). La idea de esta aplicación es eliminar todas las hierbas, de tal manera de permitir una óptima preparación de suelo.

La utilización de un herbicida sistémico tiene relación con el objetivo de eliminar aquellas especies que tengan además órganos reproductivos vegetativos, como por ejemplo estolones subterráneos, rizomas, etc. Es



común observar que, en ocasiones al realizar solamente una preparación mecánica de suelo, los órganos vegetativos como raíces se dividen en pequeños fragmentos, pero no mueren, generando posteriormente una multiplicación de malezas.

La tendencia global indica que es necesario disminuir la aplicación de herbicidas como por ejemplo el glifosato. El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo, post emergente, que funciona tanto en malezas anuales, como perennes. Debe aplicarse por lo menos con un mes y medio de anterioridad a la plantación.

Posteriormente, durante el desarrollo del cultivo es igualmente importante mantener libre al cultivo de las malezas, para evitar la competencia y para prevenir la transmisión de enfermedades o plagas que pudieran transmitirse a través de estas. Existen dos formas de control, que corresponden a la acción mecánica y el uso de herbicidas selectivos. En el caso del cultivo de papa en Magallanes, si la preparación de suelo es correcta, es posible realizar una faena de limpieza manual del cultivo (Figura 21) al mismo tiempo que se realiza la aporca de las papas, es decir, entre los meses de diciembre y enero, y de esta manera se lograría mantener hasta la cosecha. Lo anterior ocurre gracias a que, cuando el cultivo alcanza el cierre total de hileras, se hace mucho más difícil que crezcan malezas entre las plantas de papa, siendo necesario realizar monitoreos y labores de mantención de las malezas de manera esporádica.



**Figura 21.** Control de malezas en forma manual, realizada durante el mes de diciembre. INIA Kampenaike, 2015.

Otro método muy utilizado, sobre todo para sistemas productivos en donde se cuenta con poca mano de obra, es el uso de herbicidas sistémicos selectivos, que permiten ser aplicados a las papas en tempranas épocas posteriores a la emergencia de las plantas, idealmente cuando estas no superan los 10 cm de altura. En este caso los herbicidas más utilizados son aquellos a base de Metribuzina.

Es muy importante considerar que controlar malezas de manera química, cuando el cultivo ya tiene un follaje importante, o cuando se encuentra próximo al cierre de hileras es prácticamente imposible, debido al riesgo que esto representa. Por otra parte, cuando se desea hacer de manera mecánica se corre un riesgo igualmente grande, teniendo en cuenta que plantas con un gran desarrollo foliar, contarán con tubérculos que ya se encuentran en formación y cualquier movimiento de suelo en las zonas cercanas a las plantas podría romper los estolones que contienen a los tubérculos o simplemente golpear y dañar a los tubérculos de manera directa. Ambas situaciones podrían generar pérdidas en la calidad del producto a cosechar y en los rendimientos del cultivo.

Finalmente, el control de malezas realizado durante la temporada de cultivo, cobrará importancia una vez que se realice la cosecha. Una cosecha en un predio con malezas, se hace mucho más difícil, ya que se entorpece el correcto funcionamiento de la maquinaria y también en las labores manuales (utilización de gualato).

Para poder planificar de manera óptima el control de malezas, es importante conocer qué especies están afectando a nuestro cultivo. Las principales especies de malezas detectadas en cultivos de papas en la región son:

## PRINCIPALES MALEZAS DETECTADAS EN CULTIVOS DE PAPAS EN MAGALLANES\*

### GALLITO

*Lamium amplexicaule* L.



#### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** decumbente, pubescente, de hasta 30 cm de alto.

**Hojas:** inferiores; pecioladas, lobuladas y redondas. Superiores; sésiles, amplexicaules, lobuladas o partidas, hispidas.

**Flor:** de color púrpura.

**Fruto:** núculas de 2 mm de largo, truncadas en el ápice, oblongas y triangulares.

**Ciclo de vida:** anual.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** se encuentran principalmente en cultivos encardados.

**Origen:** Europa.

### BOLSITA DEL PASTOR

*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik

#### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** erectos, simples o ramificados de 10 a 50 cm de alto, glabros o pubescentes, estriados.

**Hojas:** basales; en roseta, pecioladas, enteras, lobadas o pinnatífidas; las caulinares simples, sagitadas, amplexicaules.

**Flor:** blancas, en racimos, pequeñas.

**Fruto:** silícula triangular con pedúnculos alargados; semillas oblongas, algo aplanadas de 0,9-1,2 mm de largo, con dos estrías longitudinales que dividen su superficie reticulada en tres partes, café.

**Ciclo de vida:** anual o bianual.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en cultivos establecidos en otoño e invierno, principalmente en trigo, raps y hortalizas.

**Origen:** Europa mediterránea.





## DIENTE DE LEÓN O ACHICORIA

*Taraxacum officinale* G. Weber ex Wigg

### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** cortísimos, subterráneos.

**Hojas:** basales; en roseta, oblongas o lanceolado-oblongas, atenuadas en pecíolo, partidas en lóbulos profundos y arqueados hacia la base, generalmente glabras.

**Flor:** amarillas, en capítulos solitarios sobre escapos huecos, carnosos no ramificados.

**Fruto:** aquenios fusiformes de 2-3 mm de largo, con diez costillas longitudinales y protuberancias puntiagudas en su parte superior, con pappus formado por pelos sencillos.

**Ciclo de vida:** perenne, florece todo el año.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en cualquier época del año, en praderas y en toda clase de cultivos.

**Origen:** Europa.



## ROMAZA

*Rumex crispus* L.



### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** erecto de hasta 170 cm de alto, glabro, estriado.

**Hojas:** pecíolos 1-30 cm de largo, láminas hasta 40 cm de largo, lanceoladas, crespas en el margen.

**Flor:** en glomérulos aproximados formando en conjunto una panícula densa, generalmente sin hojas, de color verde a rojizo.

**Fruto:** nuez triangular de 2 mm de largo.

**Ciclo de vida:** perenne.

**Reproducción:** por semillas y trozos de raíces.

**Hábitat:** frecuente en praderas y cultivos establecidos después de praderas. También en huertos frutales y cultivos de hortalizas.

**Origen:** Europa.

## SANGUINARIA O PASTO DEL POLLO

*Polygonum aviculare* L.



### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** decumbente, de 30-100 cm de largo, ramificado, con nudos prominentes cubiertos por una estructura membranosa.

**Hojas:** de 0,5-4 cm de largo, elípticas a linear- lanceoladas con pecíolo muy corto; las del tallo principal más largas que las de las ramas.

**Flor:** blanco verdosas a blanco rojizas, muy pequeñas, en las axilas de las hojas.

**Fruto:** aquenio, ovoide-trígono, negro-rojizo.

**Ciclo de vida:** anual.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en cualquier época del año en toda clase de cultivos, praderas recién establecidas y huertos frutales.

**Origen:** Europa.

## MARGARITA

*Leucanthemum vulgare* Lam

### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** erectos, sencillos, de 40-100 cm de alto, glabros o pilosos.

**Hojas:** las superiores sésiles, enteras, dentadas o crenadas, oblongo-lanceoladas; hojas basales largamente pecioladas, obovado espatuladas, con margen generalmente crenado.

**Flor:** en cabezuelas solitarias o en número de dos a diez en el extremo de los tallos, las marginales liguladas y blancas, las centrales tubulares y amarillas.

**Fruto:** aquenio, angosto, aovado, con 8-10 estrías, generalmente sin pappus.

**Ciclo de vida:** perenne.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en praderas.

**Origen:** Europa.



## MILENRAMA

*Achillea millefolium* L.



### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** erecto, ramoso, pubescente, de 30-60 cm de alto.

**Hojas:** alternas, sésiles, cubiertas con pelos, bipinnadas en finas divisiones.

**Flor:** blancas dispuestas en capítulos.

**Fruto:** aquenio, aplanado, oblongo sin pappus.

**Ciclo de vida:** perenne.

**Reproducción:** por semillas y rizomas.

**Hábitat:** frecuente en praderas permanentes, donde crece formando matas densas y extensas; también en

cereales de grano pequeño y raps cuando no ha habido una adecuada preparación de suelo.

**Origen:** Europa.

## SIETE VENAS, LLANTEN, LLANTEN MENOR

*Plantago lanceolata* L.

### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** corto, reducido, que no alcanza la superficie.

**Hojas:** dispuestas en roseta, glabras o pubescentes, atenuadas en pecíolo, lámina lanceoladas u oblongo-lanceolada, entera o denticulada, recorrida generalmente por tres o cinco venas.

**Flor:** en espiga terminal densa, sobre escapos de 10-60 cm de largo.

**Fruto:** pixidio con dos semillas, semillas en forma de bote, de 2,5-3 mm de largo.

**Ciclo de vida:** perenne.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en praderas y cultivos de hortalizas, remolacha y papas.

**Origen:** Europa.





## YUYO

*Brassica rapa* L.

### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** hasta 100 cm de alto, erectos, generalmente simples.

**Hojas:** las inferiores pecioladas, liradas, de color verde claro: las superiores sésiles, más o menos enteras, base acorazonada, abrazadora.

**Flor:** amarillas, dispuestas en racimos, en que las flores abiertas sobrepasan a los botones.

**Fruto:** silicua sube erecta, de 5-6 cm de largo: semillas redondeadas, de 2 mm de diámetro.

**Ciclo de vida:** anual.

**Reproducción:** por semillas.

**Hábitat:** frecuente en toda clase de cultivos, principalmente cereales y papas.

**Origen:** presumiblemente Europa.



## PASTO CEBOLLA

*Arrhenatherum elatius* L.



### DESCRIPCIÓN

**Tallo:** erecto o doblado en la base, de 50-100 cm de alto con cormos en la base de 5-15 mm de diámetro, nudos de 3-5 glabros o pilosos.

**Hojas:** láminas planas, escabrosas o con pelos tenues, lígula truncada de 1-3 mm de largo, vaina abierta, pubescente, especialmente en el lugar de inserción con la lámina.

**Inflorescencia:** en panícula generalmente laxa, con espiguillas amarillentas, en ocasiones teñidas de violeta. Espiguillas con glumas que no llegan a cubrir por completo las dos flores que albergan, la inferior con arista larga insertada en el tercio basal del lema.

**Ciclo de vida:** perenne.

**Reproducción:** por semillas y en forma vegetativa, mediante los cormos.

**Hábitat:** frecuente en toda clase de cultivos, especialmente trigo, avena y raps.

\*Espinoza, N. 1996. Malezas presentes en Chile. Editora Ánibal Pinto S.A. Primera Edición. Concepción, Chile.



**Figura 22.** Cultivo de papas afectado por malezas, en su gran mayoría por Yuyo (*Brassica rapa*). Puerto Natales, febrero de 2018.



**Figura 23.** Cultivo de papas afectado por malezas, principalmente por Pasto Cebolla (*Arrhenatherum elatius*) y Romaza (*Rumex crispus*).



## APORCA

La aporca representa una labor fundamental para el cultivo de papas. Consiste básicamente en acercar suelo desde el centro de la entre hilera hacia las plantas, formando un camellón (conocido como “melga”) de alrededor de 35 cm de alto (Figura 24).



**Figura 24.** Cultivo de papas recientemente aporcado. INIA Kampenaike, febrero 2017.

El objetivo de esta labor es impedir que los estolones (parte subterránea de la planta desde donde se forman los tubérculos) salgan a la superficie y que, como consecuencia de su contacto con la luz, forma nuevos tallos, (Figura 25) en vez de formar nuevos tubérculos, afectando la producción.

Además de esto, la labor de aporca trae consigo algunas ventajas como son: el control de malezas, mantener la humedad del suelo y proteger a los tubérculos de enfermedades o plagas. También puede proteger a los tubérculos de eventos superficiales de heladas, situación muy común en Magallanes durante los meses de verano.





**Figura 25.** Estolón con formación de nuevo tallo, debido a que quedó sobre la superficie, a consecuencia de una aporca inadecuada. Puerto Natales, 2016.

La aporca puede realizarse al momento de la plantación y/o posterior a la plantación. La aporca al momento de la plantación (Figura 26), se realiza mediante la utilización de una maquina sembradora, que va dejando el lomo listo al momento de depositar la papa semilla en el suelo, o bien, de manera manual con un gualato. De esta manera, se disminuye la cantidad de labores de suelo, ya que se realizan ambas labores (plantar y aporcar) en conjunto. En esta modalidad, al realizar la aporca de manera manual, las plantas siempre emergerán más rápido que de manera mecánica, ya que la papa semilla queda a menor profundidad que con el uso de maquinaria.

Independiente al método utilizado, la desventaja de realizar la aporca al momento de la plantación, es que la emergencia de los tubérculos tomará más tiempo, debido a que las papas semillas quedan establecidas a mayor profundidad desde que se establece, retrasando la emergencia hasta en dos semanas.



**Figura 26.** Aporca realizada al momento de la plantación con uso de maquinaria. Se puede observar claramente la formación del lomo de aporca. INIA Kampenaike, 2015.

En el caso de no realizar la aporca durante la plantación, se puede realizar posterior a ésta, cuando las plantas tengan entre 10 y 20 cm de altura, con el uso de maquinaria agrícola (aporcador) o de forma manual (Figura 27). Además, se aprovecha de realizar el control malezas al mismo tiempo que la aporca, optimizando la mano de obra para estos manejos.



**Figura 27.** Aporca manual, realizada durante el mes de diciembre, cuando la planta tenía una altura aproximada de 15 cm. INIA-Kampenaike, 2015.





Si las condiciones climáticas de la región, específicamente el viento, van desarmando la melga, se debe evaluar en terreno la real necesidad de realizar una nueva aporca o repasar la existente. El desarmado de la melga, hace que los tubérculos en formación o estolones queden en la superficie, lo que afecta su productividad. Se debe tener en cuenta que esta nueva aporca se debe realizar, como máximo, cuando las plantas han alcanzado una altura de 20 cm ya que, a mayor altura aumenta la probabilidad de dañar raíces y estolones.



## LITERATURA CONSULTADA

Acuña, I., Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejada, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Bello, M. A. y Pino, M. T. 2000. Preparación de Suelos. Centro Regional de Investigación Kampenaike. Boletín INIA N° 18. Punta Arenas, Chile. 21 p.

Espinoza, N. 1996. Malezas presentes en Chile. Editora Aníbal Pinto S.A. Primera Edición. Concepción, Chile.

Honorato, R. 2000. Manual de Edafología. Ediciones Universidad Católica de Chile. Cuarta Edición. Chile. 241 p.

Inostroza, J. 2009. Manual de Papas en la Araucanía: Manejo y Plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 193. Centro Regional Carillanca Km 10 camino Cajón-Vilcún. Comuna de Vilcún, Chile.

Mansilla, M. y Arribillaga, D. 2013. Boletín N° 272. Antecedentes técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.), en la Región de Aysén. Julio de 2013. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 88 p.

Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabetas impresiones. Santiago, Chile. 546 p.



## Capítulo VII

### Plantación y establecimiento del cultivo de papas

#### Autor:

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es una planta que tiene gran capacidad de adaptación y producción, sin necesidad de que el suelo ni las condiciones del cultivo sean las mejores, no obstante, para un óptimo resultado, estas deben ser las mejores posibles. Sin embargo, el cultivo no se puede desarrollar en cualquier época del año, debido principalmente a características biológicas propias, que condicionan su respuesta a diferentes factores tanto ambientales, como son los requerimientos de suelo en cuanto a humedad y temperatura; de clima, relativos a temperatura ambiente, precipitación, horas luz, velocidad e intensidad del viento y a características propias, como son sus etapas fenológicas.

Tanto las condiciones de cultivo, así como los factores ambientales donde éste se desarrolla, deben permitir una rápida emergencia, un correcto desarrollo y un establecimiento apropiado del cultivo, puesto que, el rendimiento final y la calidad de la producción obtenida, son el resultado de la interacción de todos los factores antes mencionados.





## PLANTACIÓN

La papa se puede reproducir por semilla botánica o tubérculo semilla, sin embargo, al utilizar semilla, el proceso de producción de una planta de papa, es más lento y complejo, por lo que generalmente, la plantación de papas, se realiza utilizando “tubérculos semilla”, los cuales son tallos subterráneos modificados, provenientes de la misma planta, que se originan a partir de un engrosamiento de los estolones (Figura 28).

Los tubérculos semilla, deben ser de una variedad adecuada a las condiciones climáticas del lugar donde se establecerán, de buena calidad y libre de plagas y enfermedades, por lo cual, es de suma importancia adquirir un material certificado por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), que asegure la obtención de una producción de calidad con buenos rendimientos.



**Figura 28.** Tubérculos en formación, a partir del engrosamiento de los estolones, provenientes de una planta de papa. Kampenaike, 2016.

## EPOCA DE PLANTACIÓN

Dependiendo del clima del lugar en donde se establecerá la papa, se puede plantar en diferentes épocas del año. Por ejemplo, en la zona norte de Chile, en La Serena, se puede plantar papa en cualquier época del año; en la región de Valparaíso, que presenta un clima templado, la producción se efectúa en dos épocas del año: durante los meses de julio-agosto, para cosechar entre noviembre-diciembre y los cultivos de verano, que se plantan entre enero-febrero, para cosechar en abril-mayo. Por el contrario, en la región de Magallanes, que presenta un clima frío, solo se puede obtener una producción de papas, durante los meses que presentan mejor temperatura.

Para determinar la mejor época de plantación y elegir la variedad que mejor se adapte a las condiciones particulares de cada lugar, es necesario conocer los requerimientos climáticos del cultivo. Dentro de éstos, la mayor limitante para el desarrollo de la planta de papa es la temperatura del lugar donde se establecerá, debido a que la temperatura influye en la brotación de los tubérculos, en la absorción de nutrientes y en las etapas fenológicas del cultivo. Por lo cual, es de suma importancia considerar la siguiente información:

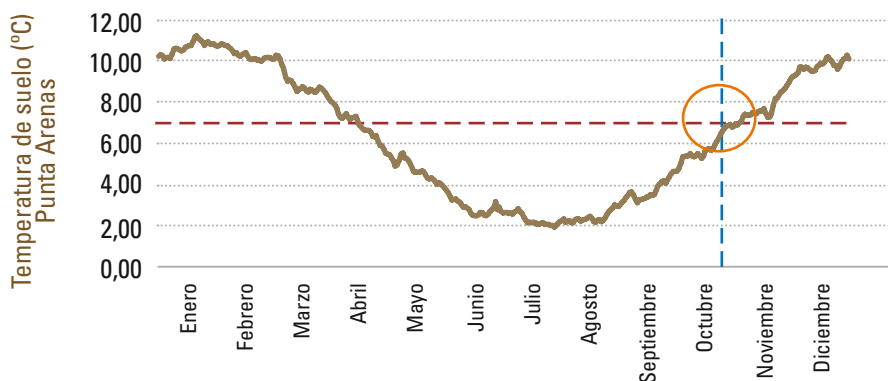


- La papa es considerada una planta termoperiódica, lo que significa que es necesario una variación entre la temperatura del día y la noche de por lo menos 10°C. Por lo tanto, si la diferencia es menor, el crecimiento y formación de tubérculos (tuberización) se ven afectados, disminuyendo el rendimiento y la calidad.
- Es un cultivo muy sensible a las heladas. Temperaturas bajo los 0°C, pueden provocar un daño importante al follaje, deshidratándolo hasta la destrucción total de la planta.
- Al momento de la plantación, la temperatura del suelo debe tener al menos 7°C para emerger (De Jong et al, 2011).
- Luego de la plantación, la papa requiere temperaturas de 10 a 20°C en el ambiente, para su crecimiento y tuberización.

Para poder ajustar esta información a las condiciones climáticas de Magallanes, se debe tener conocimiento de los datos meteorológicos regionales. Sólo de esta forma, es posible establecer una fecha de plantación adecuada, que permita obtener el mayor potencial del cultivo.

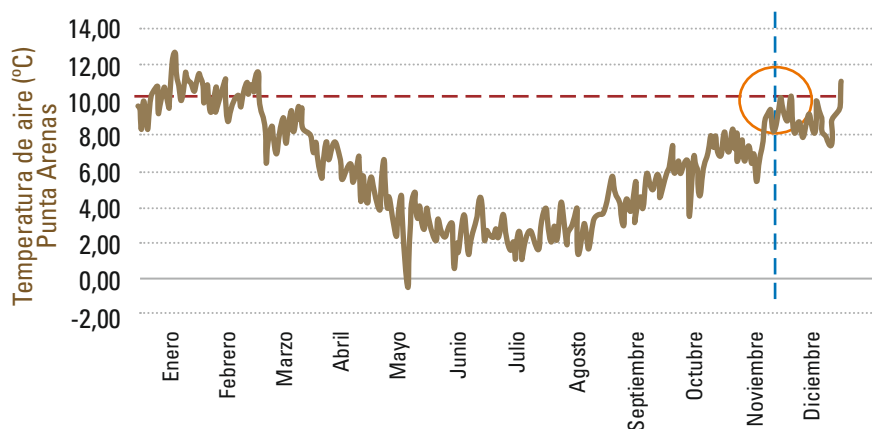
Los siguientes gráficos presentan la temperatura media diaria del aire y suelo de las comunas de Punta Arenas y Puerto Natales, los cuales entregan información meteorológica relevante para la estimación de la fecha de plantación.

El Gráfico 14 presenta la temperatura media diaria de suelo de Punta Arenas. Se observa que los 7°C necesarios que debe presentar el suelo, como mínimo, al momento de la plantación, ocurre la última semana de octubre.



**Gráfico 14.** Temperatura media diaria (°C) de suelo a 10 cm de profundidad, Punta Arenas. Datos de 5 años, enero de 2013 a diciembre de 2018 (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de la red meteorológica de INIA).

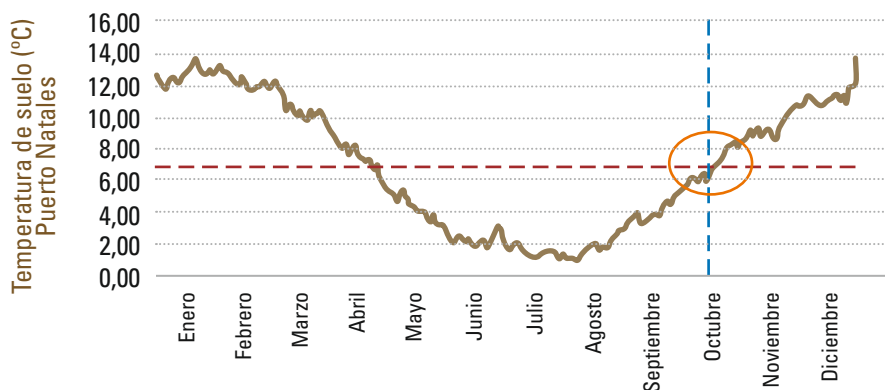
El Gráfico 15 presenta la temperatura media diaria del aire de Punta Arenas. Se puede observar que las mejores temperaturas ambientales para el desarrollo del cultivo de papas en Punta Arenas, comienzan aproximadamente a finales de noviembre (10°C).



**Gráfico 15.** Temperatura media diaria (°C) del aire, Punta Arenas. Datos de 5 años, de enero de 2013 a diciembre de 2018. (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de la red meteorológica de INIA).

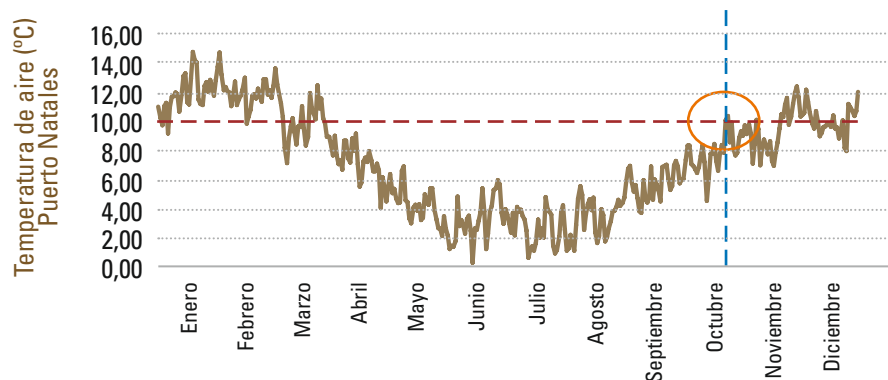


El Gráfico 16 presenta la temperatura media diaria de suelo de Puerto Natales. Se puede observar que la temperatura necesaria ( $7^{\circ}\text{C}$ ) que debe presentar el suelo, como mínimo, al momento de la plantación, igualmente ocurre durante el mes de octubre, sin embargo, a diferencia de lo que se observa en Punta Arenas, esta se presenta la segunda semana de octubre.



**Gráfico 16.** Temperatura media diaria ( $^{\circ}\text{C}$ ) de suelo a 10 cm de profundidad, Puerto Natales. Datos de 5 años, enero de 2013 a diciembre de 2018. (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de la red meteorológica de INIA).

El Gráfico 17 presenta la temperatura media diaria del aire de Puerto Natales. Se puede observar que, en este caso, a diferencia de Punta Arenas, las mejores temperaturas ambientales para el desarrollo del cultivo de papas, comienzan aproximadamente a partir del 20 de octubre, fecha en la cual se alcanzan los  $10^{\circ}\text{C}$ .



**Gráfico 17.** Temperatura media diaria (°C) del aire, Puerto Natales. Datos de 5 años, enero de 2013 a diciembre de 2018. (Fuente: elaboración propia, a partir de datos de la red meteorológica de INIA).

Al relacionar las temperaturas de aire y suelo expresadas en los gráficos, con los requerimientos térmicos del cultivo de papa, la limitada temporada productiva de la región (seis meses) y el tiempo que necesita el cultivo para su desarrollo, generalmente 120 días, es posible estimar que **la fecha de plantación más adecuada para la comuna de Punta Arenas es aproximadamente del 20 al 30 de octubre**. Por el contrario, **la fecha de plantación para Puerto Natales correspondería del 10 al 20 de octubre**.

Cabe señalar que plantaciones realizadas con anterioridad a las fechas recomendadas, favorecerán el desarrollo de enfermedades fungosas por las bajas temperaturas imperantes. Por el contrario, plantaciones tardías, provocarán un retraso en el desarrollo de la planta y en la madurez del tubérculo, provocando resultados negativos en la calidad de la papa y rendimiento final del cultivo.

## DENSIDAD DE PLANTACIÓN

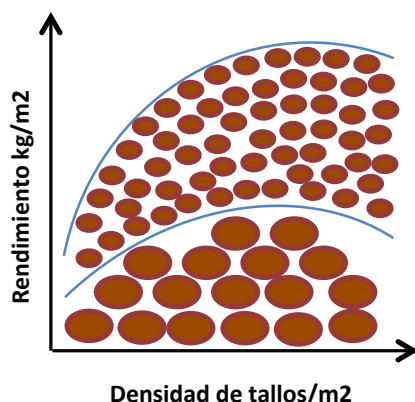
En un cultivo de papas, cada planta está constituida de varios tallos, los cuales poseen sus propias raíces, estolones y tubérculos (Figura 29), comportándose como si fueran plantas totalmente individuales. Por lo cual, la densidad de plantación en un cultivo de papas, corresponde al resultado de la multiplicación del número de plantas por el número de tallos principales que posee cada planta en una determinada superficie. Es decir, es **el número de tallos principales por unidad de superficie**.



**Figura 29.** Tallo principal extraído de una planta de papa. Se puede observar que, de forma independiente a la planta, el tallo tiene sus propias raíces, estolones y tubérculos en desarrollo.

Determinar una adecuada densidad de plantación es de suma importancia, ya que incide directamente en el número de tubérculos que se van a producir por unidad de superficie, es decir, determina el rendimiento y el calibre del tubérculo. Por lo tanto, en la medida que se incrementa la densidad de plantación, también se incrementa la producción de tallos y el número de tubérculos por planta, aumentando también el rendimiento. Sin embargo, dicho rendimiento aumenta hasta cierto límite, sobre el cual el rendimiento comienza a decaer por competencia, debido al exceso de plantas, por lo cual, se genera una producción mayor de tubérculos, pero de menor tamaño (Figura 30).





**Figura 30.** Representación de la relación entre la densidad de tallos en plantas y el rendimiento de tubérculos (adaptado de Santos y Orena, 2006). Se observa que a mayor densidad de tallos, se produce un incremento en el rendimiento hasta cierto nivel, sobre el cual se genera una mayor producción de tubérculos de menor tamaño.

La densidad de plantación o densidad de tallos principales por unidad de superficie, regulada por la distancia de plantación de los tubérculos semilla (generalmente es de 0,75 m a 0,85 m entre hilera y 0,18 m a 0,30 m sobre hilera), puede variar según diversos factores, tales como:

- Destino de la producción (consumo, tubérculos semilla, papa para la industria)
- Variedad utilizada
- Medio ambiente (clima y tipo de suelo)
- Número de brotes (tamaño, edad fisiológica de tubérculos semilla y método de plantación)

## DESTINO DE LA PRODUCCIÓN Y VARIEDAD UTILIZADA

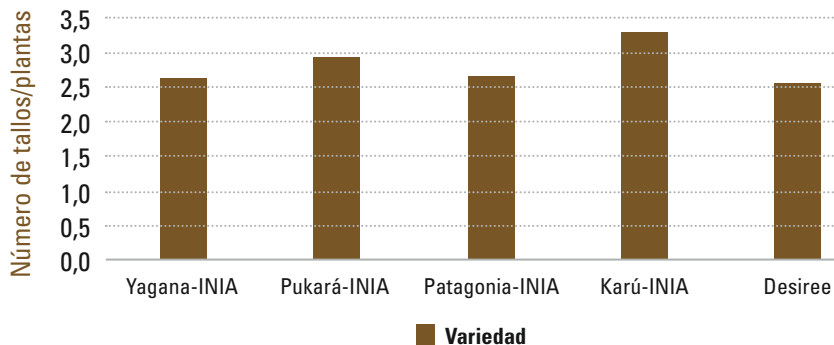
A diferencia de la producción de papa para consumo, en la producción de tubérculo semilla, se requiere obtener calibres de menor tamaño, lo que está directamente relacionado con la densidad de plantación. Por ejemplo, si se quiere establecer un cultivo para producción de papa para consumo, se necesita una densidad de plantación menor. Esto quiere decir que se deberá utilizar una cantidad menor de tubérculos semilla, establecidos a una distancia de plantación mayor, lo que generará una menor cantidad de tallos, que logrará producir papas de mayor tamaño.

Por el contrario, si se quiere establecer un cultivo para producción de tubérculos semilla, se necesita establecer una densidad de plantación mayor, esto quiere decir que se deberá utilizar una mayor cantidad de tubérculos semilla, establecidos a una distancia de plantación menor, los que generarán una mayor cantidad de tallos, con el fin de lograr producir papas de menor tamaño (Cuadro 12).

**Cuadro 12.** Requerimientos de número de tallos por hectárea según el destino de la producción.

| Destino de la producción              | Número de tallos/<br>HA | Número de tallos/<br>M2 |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Producción de papa para consumo       | 150.000 - 200.000       | 15 - 20                 |
| Producción de tubérculos para semilla | 250.000 - 300.000       | 25 - 30                 |

Sin embargo, es de suma importancia indicar que las variedades de papa, difieren entre sí, en el número de tallos principales que generan los tubérculos semilla (Gráfico 18).



**Gráfico 18.** Número de tallos principales de cinco variedades de papa, obtenidos a partir de un tubérculo semilla calibre 4,5-5,5cm, establecidos durante 3 temporadas (2015-2018) en INIA-Kampenaiké, Punta Arenas.

Por lo tanto, es necesario conocer el comportamiento de cada variedad a utilizar bajo las condiciones de producción, manejo y almacenamiento de los tubérculos semilla en el entorno local. Para esto, se requiere que los productores de papa, planten los tubérculos semilla por calibre en cada variedad de papa empleada, para estimar el número de tallos principales, el tamaño y número de tubérculos formados. Sólo de esta manera, se podrá ajustar la distancia de plantación de cada variedad utilizada, para conseguir la densidad de tallos principales apropiado al objetivo productivo.

A continuación, se detalla un ejemplo para determinar la densidad de plantación de la variedad de papa Patagonia-INIA:

#### **Antecedentes:**

- Objetivo productivo: papa para consumo
- Variedad a plantar: Patagonia-INIA
- Número de tallos requeridos (Cuadro 1): 150.000 tallos/ha o 15 tallos/m<sup>2</sup>
- Calibre de tubérculos semilla que se utilizará: 4,5-5,5cm
- Número de tallos por tubérculo que produce la variedad Patagonia-INIA: 2,7 tallos para calibre 4,5-5,5cm (de acuerdo a los tallos obtenidos en Kampenaike, Figura 4)
- Distancia entre hilera determinada: 0,75m

Teniendo los antecedentes, se debe realizar el siguiente ejercicio:

1. Primero se debe calcular el número de tallos que se requiere producir. Para ello se debe multiplicar el número de tallos por metro cuadrado (indicados en el Cuadro 1) por la distancia entre hilera estimada:

$$15 \text{ tallos/m}^2 \times 0,75 = 11,25 \text{ tallos/ml}$$

2. Obtenido el número de tallos por metro lineal, se determinará cuantos tubérculos se requieren para producir 11,25 tallos en 1 metro lineal. Para ello se debe dividir el número de tallos obtenido por la cantidad de tallos que produce la variedad que se utilizará (en este caso es Patagonia-INIA calibre 4,5-5,5 cm):

$$11,25 \text{ tallos/ml} \div 2,7 \text{ tallos} = 4,16 \text{ tubérculos/ml}$$

3. Una vez obtenido el número de tubérculos que se necesitan establecer en un metro lineal, se debe determinar a qué distancia sobre hilera se deben



poner los tubérculos. Para esto, se divide la superficie lineal por el número de tubérculos:

$$1\text{ml} \div 4,16 = 0.24\text{m} = 24 \text{ cm sobre hilera}$$

Para este caso, se deberá establecer la variedad Patagonia-INIA de calibre 4,5-5,5 cm a una distancia de plantación de 0,75 m entre hilera por 24 cm sobre hilera.

### MEDIO AMBIENTE

#### Clima

Buenas condiciones de clima (luminosidad, temperatura, lluvia, etc.) permiten una mayor densidad de tallos y lograr mejores rendimientos.

#### Tipo de suelo

Altas densidades de tallos, en suelos con baja fertilidad, poca humedad, mala estructura, poco profundos y con excesiva presencia de terrones, hace reducir el número y tamaño de los tubérculos.

### NÚMERO DE BROTES

Tamaño del tubérculo semilla: tubérculos semilla de mayor tamaño, forman un mayor número de tallos principales que tubérculos más pequeños, los cuales, al tener una menor superficie, también tienen un menor número de yemas y brotes.

Edad fisiológica de los tubérculos semilla: cuando los tubérculos están fisiológicamente muy jóvenes, forman menor cantidad de brotes y tallos que aquellos con mayor edad fisiológica. Sin embargo, si los tubérculos están muy viejos, los brotes son demasiado débiles y a veces no son capaces de emerger a la superficie del suelo.

Daño de brotes al momento de la plantación: independiente al método de plantación empleado, se debe evitar el daño a los brotes durante la plantación u otra labor, debido a que se ocasiona una reducción del número de tallos.

## PROFUNDIDAD DE PLANTACIÓN

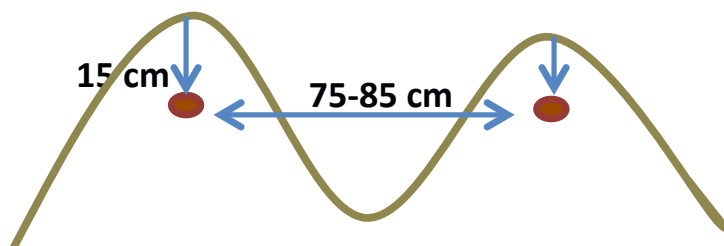
La profundidad de plantación del tubérculo semilla, va a depender de las condiciones de clima y suelo del lugar donde se establecerá el cultivo.

Cuando un suelo tiene condiciones ideales de humedad y temperatura, el tubérculo semilla debe estar establecido muy cerca de la superficie del suelo, entre los 5 y 8 cm de profundidad, ya que esto favorece una rápida brotación y emergencia. Además, se concentrará la producción en forma superficial, facilitando las labores de cosecha. Por el contrario, en condiciones de suelos fríos y con baja humedad, es necesario depositar el tubérculo semilla a mayor profundidad, debido a que el suelo en las capas más profundas pierde agua más lentamente, por lo cual se mantiene húmedo por más tiempo.

En Magallanes, las condiciones climáticas son adversas, con fuertes rachas de viento y reiteradas heladas durante la temporada productiva, siendo frecuente encontrar tubérculos, recién establecidos, totalmente destapados (Figura 31) y dañados debido a la escarcha, provocando la muerte del tubérculo madre. Ante esta situación, es necesario realizar la plantación de papas a una profundidad de 15 cm (Figura 32), para evitar o disminuir las situaciones antes descritas.



**Figura 31.** Plantación de tubérculos semilla a una profundidad de 8 cm, en la cual se puede observar que los tubérculos están expuestos sobre la superficie y el camellón está desapareciendo por efecto del viento, Punta Arenas.



**Figura 32.** Monografía que representa al tubérculo madre en el camellón. Se indica la profundidad de plantación de los tubérculos y distancia entre hileras aproximada para la región de Magallanes.

## MÉTODOS DE PLANTACIÓN

La plantación de tubérculos de papa, se puede realizar de forma manual y de forma mecanizada. Si se realiza de forma mecanizada, se puede utilizar una máquina plantadora semiautomática o una máquina plantadora automática. La elección del método va a depender del tamaño de la superficie de cultivo.

### PLANTACION MANUAL

La plantación manual, es el método más utilizado en la región de Magallanes, debido a que la superficie de cultivo por agricultor, no supera las 3 hectáreas; este método consiste en realizar un surco de plantación con la ayuda de una herramienta, que generalmente es un gualato o azadón, para luego depositar el fertilizante con la mano y mezclarlo con tierra en el fondo del surco, para finalmente depositar el tubérculo semilla (cuidando de que no quede en contacto directo con el fertilizante) y taparlo con tierra.





### Desventajas de la plantación manual

- La aplicación manual de fertilizante no es uniforme
- La profundidad de plantación es irregular
- Demanda una gran cantidad de mano de obra en grandes superficies, lo que incrementa los costos de producción

### Secuencia de plantación manual

A continuación, se detallan las etapas de la plantación manual (Figura 33 a 35)



**Figura 33.** Con la ayuda de una lianza, marcar el lugar donde se realizara el surco de plantación. Posteriormente, con la ayuda de un gualato, confeccionar el surco a una profundidad de 15 cm. Aplicar y distribuir de manera uniforme la mezcla de fertilizante a lo largo del surco.



**Figura 34.** Una vez aplicado el fertilizante, es necesario incorporarlo al suelo (mezclar con tierra) para evitar que quede en contacto directo con el tubérculo semilla y lesione los tejidos nuevos de los brotes. Depositar el tubérculo semilla en el surco de plantación, a una distancia sugerida de 30 cm.



**Figura 35.** Finalmente aplicar una capa de tierra sobre el tubérculo semilla, cuidando de que quede totalmente cubierta. Por último, realizar la instalación de riego y realizar la aporca cuando la planta tenga una altura aproximada de 20 cm.

## PLANTACIÓN MECANIZADA

La plantación mecanizada, se realiza con la ayuda de una máquina plantadora de papas semiautomática o una automática. La diferencia es que con la utilización de una máquina semiautomática, se necesita un componente de mano de obra, ya que es necesario que vayan una o dos personas sentadas en la máquina plantadora para depositar los tubérculos semilla en los alveolos (Figura 36); en cambio, una máquina plantadora automática, no requiere de mano de obra para el proceso de plantación, excepto en la tracción.

### Ventajas de la plantación mecanizada

- Es posible regular la densidad de plantación
- La profundidad de plantación es uniforme al igual que la aplicación de fertilizante
- Requiere de un mínimo de mano de obra, lo que disminuye los costos de producción, teniendo una mayor rentabilidad por hectárea
- La labor se desarrolla en un tiempo menor

### Desventajas de la plantación mecanizada

- El tubérculo cae desde una altura mayor, lo que le puede provocar algún tipo de daño.
- La semilla queda muy enterrada, lo cual dificulta la emergencia



**Figura 36.** Plantación mecanizada. Establecimiento de papas con máquina plantadora semiautomática de dos hileras. Se puede observar que se requieren tres personas para esta labor, un tractorista y dos personas para el depósito del tubérculo en los alvéolos.



## CORTAVIENTOS Y RIEGO PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE PAPAS EN MAGALLANES



La región de Magallanes se caracteriza por presentar temperaturas promedio de 6°C, precipitaciones entre 200 y 400 mm y fuertes vientos que alcanzan rachas de hasta 120 km/hr durante todo el año. Estas características climáticas dificultan el desarrollo y disminuyen la productividad del cultivo de papas, provocando daños físicos, que muchas veces son irreversibles, ocasionando pérdidas económicas significativas en la producción.

Una de las principales limitantes en la producción de papas es el efecto del viento, debido a que produce daños en las plantas, acentúa la pérdida de humedad del suelo y deshidrata los tejidos vegetales, incidiendo de manera severa sobre el crecimiento, desarrollo y proceso productivo de la planta. Dado que los cultivos no resisten vientos con velocidades mayores de 50 km/hora, sin que estos causen daños o influyan en los rendimientos, el control del viento es indispensable para el buen desarrollo del cultivo. Por lo cual, en Magallanes, es necesario establecer el cultivo de papas con protección. Por otro lado, la precipitación o cantidad óptima de agua requerida por el cultivo es de 400 a 600 mm, distribuida en todo su ciclo vegetativo. Las mayores demandas se dan en las etapas de germinación y crecimiento de los tubérculos, por lo cual es necesario efectuar riegos suplementarios en los períodos críticos o cuando no se presente lluvia.

Considerando que al establecer el cultivo en seco y sin protección del viento, los rendimientos regionales no superan las 6,8 ton/ha, se hace de suma importancia que al momento de decidir producir papas, se considere

un establecimiento del cultivo con la implementación de tecnologías que permitan suplir las necesidades hídricas y climáticas, para mejorar la calidad del tubérculo e incrementar los rendimientos.

Desde al año 2015, a través del programa “Recuperación de la producción y sanidad de la papa en Magallanes”, financiado por el Gobierno Regional, se inició un estudio sobre el uso de cortaviento y riego en el cultivo de papas, cuyo objetivo fue mejorar la calidad del tubérculo, incrementar los rendimientos y determinar la mejor alternativa productiva.

El ensayo de tecnologías, consistió en establecer y evaluar durante tres temporadas, un cultivo de papas de variedad Karú INIA, destinado a la producción de consumo, bajo distintas condiciones productivas (Figura 37):

- Cultivo de papas con cortaviento-riego (C/R)
- Cultivo de papas con cortaviento-sin riego (C)
- Cultivo de papas con riego-sin cortaviento (R)
- Cultivo de papas sin cortaviento-sin riego (sin tecnología (S/T))



**Figura 37.** Evaluación de tecnologías aplicadas. Se puede observar la diferencia en el desarrollo del follaje, en plantas establecidas el mismo día, pero con diferentes condiciones productivas.

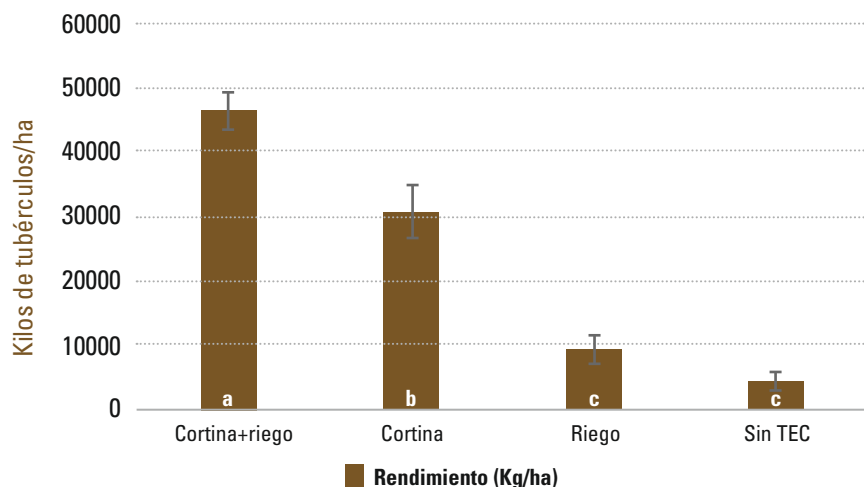
Todos los tratamientos con sus respectivas repeticiones fueron establecidos en la misma fecha y bajo las mismas condiciones, lo que incluyó:

- Densidad de plantación: 3 tubérculos/m lineal (14 tubérculos/hilera)
- Distancia de plantación: 0,3 m sobre hilera por 0,75 m entre hilera
- Riego (si corresponde): por goteo autocompensado, caudal 2,2 l/hr, cada gotero espaciado a 0,3 m sobre hilera, estableciendo una línea de riego para cada hilera de cultivo
- Cortinas cortaviento (si corresponde): de 2 m de alto, distanciadas a 15 m
- Fertilización: Todos los tratamientos fueron fertilizados según análisis de suelo, con la siguiente dosis:
  - o 100 kg/ha de N, fuente: Urea
  - o 300 kg/ha de  $P_2O_5$ , fuente: Superfosfato triple
  - o 300 kg/ha de KCl, fuente: Muriato de potasio

## RESULTADOS

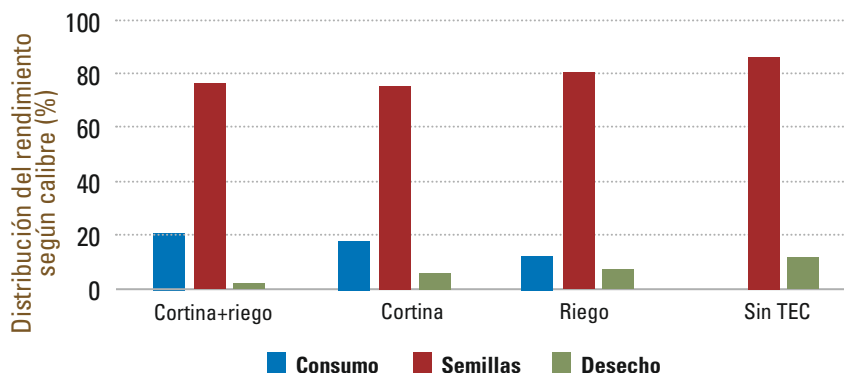
El siguiente gráfico (Gráfico 19) presenta el promedio y la desviación estándar de los kilos de tubérculos por hectárea, obtenidos bajo distintas tecnologías aplicadas al cultivo, durante tres temporadas de evaluación. Se puede observar que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre tratamientos para los kilos de tubérculos por hectárea. El cultivo establecido con cortina cortaviento más riego obtuvo el mayor rendimiento con 46.629 kg/ha, seguido del establecimiento sólo con cortinas que obtuvo un rendimiento de 30.700 kg/ha, siendo superiores a los tratamientos de riego y sin tecnología (9.197 y 4.331 kg/ha), respectivamente que no fueron diferentes entre ellos ( $P > 0,05$ ).





**Gráfico 19.** Rendimientos (kg/ha) de la variedad Karú INIA, bajo diferentes condiciones productivas. Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ).

El Gráfico 20 muestra la distribución del rendimiento en porcentaje, según calibre de tubérculos y tratamientos en la variedad Karú INIA. Se observa claramente que el calibre de desecho disminuyó de un 12% a un 2% con el uso de riego-cortaviento, cortaviento o riego. Además, existe un aumento en el calibre de consumo de un 1,6% a un 20,8% con el uso de tecnología.

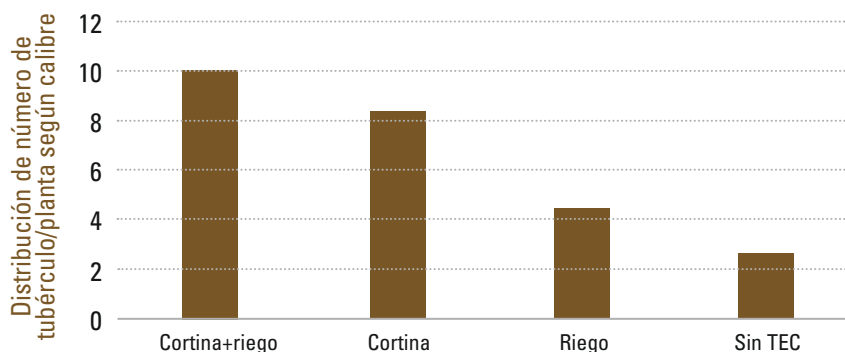


**Gráfico 20.** Distribución de calibres (%) de la variedad Karú INIA, bajo diferentes condiciones productivas.

**Cuadro 13.** Distribución del rendimiento en porcentaje y peso promedio de tubérculos según calibre y tratamientos en la variedad Karú-INIA, durante tres temporadas (2015-2018) de evaluación.

| Tratamiento       | CALIBRE<br>>6,5 cm<br>(%) | PESO<br>TUBERCULO<br>calibre >6,5cm<br>(gr) | CALIBRE<br>3,5-6,5 cm<br>(%) | PESO<br>TUBERCULO<br>calibre 3,5-6,5 cm<br>(gr) | DESECHO<br><3,5 cm<br>(%) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|
| Cortaviento-riego | 20,87                     | 297,4                                       | 76,87                        | 96,61                                           | 2,25                      |
| Cortaviento       | 18,01                     | 230,0                                       | 75,79                        | 66,13                                           | 6,20                      |
| Riego             | 11,99                     | 250,0                                       | 80,79                        | 55,51                                           | 7,22                      |
| Sin tecnología    | 0,00                      | 0,00                                        | 86,36                        | 60,73                                           | 11,96                     |

El presente gráfico indica el promedio del número de tubérculos por planta en la variedad Karú INIA, obtenidos bajo distintas tecnologías aplicadas al cultivo, durante tres temporadas (2015-2018) de evaluación. El cultivo establecido con cortina cortaviento más riego y el cultivo establecido solo con cortinas cortaviento obtuvieron el mayor número de tubérculos por planta (10 y 8 tubérculos), siendo superiores a los tratamientos de riego y sin tecnología, que obtuvieron 5 y 3 tubérculos por planta.



**Gráfico 21.** Número de tubérculos por planta, según tecnología aplicada.

**Cuadro 14.** Distribución del número de tubérculos por planta, según calibre y tratamientos en la variedad Karú-INIA, durante tres temporadas (2015-2018) de evaluación.

| Tratamiento       | CALIBRE<br>>6,5 cm | CALIBRE<br>3,5-6,5 cm | DESECHO | TOTAL |
|-------------------|--------------------|-----------------------|---------|-------|
| Cortaviento-riego | 1                  | 8                     | 1       | 10    |
| Cortaviento       | 0                  | 6                     | 2       | 8     |
| Riego             | 0                  | 3                     | 2       | 5     |
| Sin tecnología    | 0                  | 2                     | 1       | 3     |

Los resultados indican una clara diferencia productiva entre los cultivos establecidos bajo distintas alternativas tecnológicas. Dentro de estas alternativas, el uso de cortinas cortaviento es el factor que se destaca por sobre el uso del riego por sí solo, obteniendo cerca de 31 toneladas por hectárea, mientras que aplicando solo riego el rendimiento llegó solo a 9 toneladas por hectárea. Esto se debe a la protección que genera la cortina cortaviento sobre el cultivo, disminuyendo en un 50% la intensidad del viento, evitando el rompimiento de tallos, la deshidratación de los tejidos vegetales y la pérdida de humedad del suelo. Es decir, reduciendo los efectos negativos del viento sobre el crecimiento, desarrollo y proceso productivo de la planta.

El mejor rendimiento se obtuvo con el establecimiento del cultivo con cortaviento más riego, alcanzando las 46 toneladas por hectárea, por el contrario, el cultivo sin tecnología solo llegó a obtener 4 toneladas por hectárea.

La aplicación de tecnología (cortaviento más riego), además, disminuyó notablemente el porcentaje de papas desecho, de un 12% a solo un 2% de pérdida, lo que se traduce en un incremento del rendimiento, que se ve reflejado en un mayor porcentaje de tubérculos de mayor calibre. Por otro lado, se aumenta el porcentaje de papas con calibre mayor a 6,5 cm (en su diámetro ecuatorial), obteniendo un mayor porcentaje de papas de consumo, con tubérculos con un peso promedio de 297 gramos.

Si bien, con el uso de cortaviento-riego y cortaviento se refleja un porcentaje menor de papas con calibre de 3,5 a 6,5 cm, el peso promedio del tubérculo es superior al cultivo establecido con riego y sin tecnología, que obtuvieron



un porcentaje mayor de papas con calibre 3,5 a 6,5 cm pero con pesos promedios menores.

El número de tubérculos por planta se incrementa al establecer el cultivo de papas con cortaviento-riego y cortaviento, obteniendo de 10 a 8 tubérculos respectivamente, mientras que solo regando el cultivo se obtienen 5 tubérculos. Sin tecnología, se reduce a 3 tubérculos por planta, que por lo general son de bajo calibre.

Los resultados demuestran la importancia del uso de tecnologías para la obtención de una mayor producción de papas. Los gráficos y cuadros establecen claramente la diferencia que existe entre un cultivo establecido sin tecnología y el cultivo establecido con tecnología, produciéndose una diferencia productiva importante que se traduce en un incremento económico significativamente mayor. Se realizaron todas las alternativas productivas posibles para la producción de papas demostrando que, a pesar de las condiciones climáticas de la región, es posible obtener altos rendimientos (considerando que el rendimiento promedio regional es de 7 ton/ha) con papas de excelente calidad.

## CONSIDERACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CORTINAS CORTAVIENTO

### DISTANCIA DE PROTECCIÓN ESPERADA

El efecto del cortaviento es directamente proporcional a su altura. Protege desde 4 a 10 veces su altura, dependiendo del cultivo.

Por experiencia empírica, la protección efectiva ( $P_e$ ), de un cortaviento, está definido por la altura efectiva ( $H_e$ ) de la cortina cortavientos, que depende de la altura que alcanza el cultivo en máximo desarrollo y la altura máxima de la malla. Esta distancia de protección efectiva viene dada por:

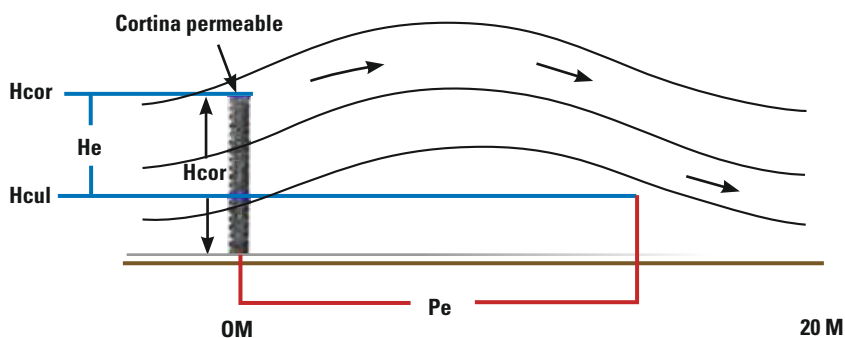
$$P_e = H_e \times F_p = (H_{cor} - H_{cul}) \times F_p$$

Dónde:

- $P_e$  : Protección efectiva (m)  
 $H_e$  : Altura efectiva de la cortina cortavientos (m)  
 $H_{cor}$  : Altura cortavientos (m)  
 $H_{cul}$  : Altura del cultivo (m)  
 $F_p$  : Factor de protección (rango entre 8-10 para Magallanes y cortinas de mallas)

La ecuación desarrollada previamente, permite modificar los parámetros de la cortina según las variables “distancia de protección efectiva esperada” y “altura efectiva de protección”.

Esquemáticamente, la relación de la ecuación anterior se muestra en la Figura 38.



**Figura 38.** Protección efectiva, en relación a la altura efectiva de la cortina cortaviento.

## PERMEABILIDAD

La cortina cortaviento, debe actuar como un filtro, reduciendo la velocidad del viento, no como una barrera impermeable, para no crear remolinos a ambos lados del cortaviento.

Las mallas de polietileno, permiten elegir el grado de permeabilidad que va de 30 a 70%, el que dependerá del cultivo a proteger.

Mallas de 30% de permeabilidad, son mucho más eficientes para fuertes vientos, ya que no provocan turbulencia, siendo apropiadas para ser utilizadas en cultivos bajos o más rústicos, como los ajos, zanahorias y papas. Mallas de 70% de permeabilidad, son apropiadas para hortalizas de hoja al aire libre, como acelga, lechuga, ruibarbo, alcachofa, brócoli y coliflores, pero en combinación con techo, para disminuir la turbulencia de vientos fuertes.

En Magallanes, la malla que se utiliza es de 50% de permeabilidad, para conseguir un efecto medio, considerando que con rachas superiores a 50 km/hr existe daño en los cultivos. Por otro lado, mallas más densas podrían acentuar los daños por heladas, ya que las masas de aire frío se mantienen por más tiempo dentro de los cuarteles.

### **DISTANCIA ENTRE CORTINAS CORTAVIENTOS**

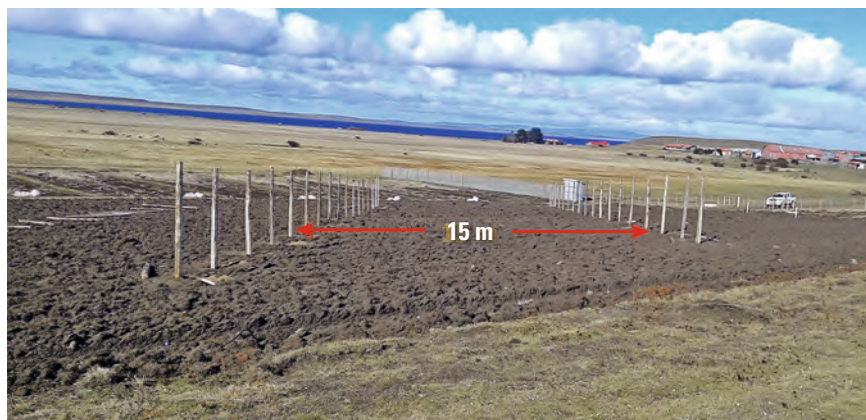
Para seleccionar la distancia entre cortavientos, se toma la distancia de protección efectiva esperada, de acuerdo a la altura efectiva del cortaviento. Variando los parámetros de altura de la cortina cortavientos, se puede variar la distancia de protección efectiva, y con ello la distancia entre cortinas cortavientos.

Para una cortina de 2 m de altura, las distancias recomendadas son las siguientes:

- Para cultivos bajos ( $< 0,5$  m) se pueden usar distancias de 16 a 20 m
- Para cultivos medios ( $0,5 - 1,0$  m), es recomendable distancias de 12 a 16 m
- Para cultivos altos ( $> 1,0$ ) la distancia no debería sobrepasar los 12 m de ser así, debieran ir acompañadas de techos de protección: malla antigranizo o la misma malla cortavientos como techo
- Es recomendable que la distancia entre postes sea de 2,5 m

La planta de papa, alcanza una altura que supera los 0,5 m, por lo cual, la distancia recomendable de establecimiento de una cortina cortaviento sería de 12 a 16 m (Figura 39).





**Figura 39.** Cortina cortaviento en construcción para un cultivo de papas. La distancia utilizada entre cortinas es de 15m. INIA-Kampenaiké, Punta Arenas.

### ORIENTACIÓN DE LA CORTINA

Para considerar la instalación de la malla cortavientos, esta debe ser perpendicular a la dirección del viento predominante, relevante o crítica para el cultivo (Figura 40). En este sentido debe buscarse la dirección del viento con las ráfagas más intensas, es decir, las que provocan más daño y en segundo lugar, la de los vientos predominantes, en la época de desarrollo más importante para el cultivo a proteger.



**Figura 40.** Cortina cortaviento establecida para cultivo de papas. El empostado se encuentra orientado perpendicular al viento predominante del sector (oeste). Kampenaiké, Punta Arenas.

## MANTENCIÓN DE LA CORTINA CORTAVIENTO

El establecimiento de una cortina cortaviento es una inversión importante en recursos económicos. Para aumentar la vida útil de la cortina cortaviento, hay que realizar las siguientes mantenciones al término de la temporada productiva:

### Tensado de alambres

Es muy común que los alambres cedan de una temporada a otra, por lo tanto, hay que realizar un monitoreo periódico para identificar alambres sueltos y reparar tensando nuevamente para prevenir el daño en la malla.

### Cambio de postes dañados

Es necesario cambiar postes quebrados o podridos para evitar que la cortina cortaviento se dañe.

### Reparación de mallas dañadas

En la región es usual que las mallas sufran rasgaduras debido a los fuertes vientos o por causa de maquinarias o herramientas. Por lo cual, es importante que las mallas se reparen al momento de detectar el daño, realizando una costura con alambre sintético de 2 mm.



## LITERATURA CONSULTADA

Acuña, I., Muñoz, M., Sandaña, P., Orena, S., Bravo, R., Kalazich, J., Tejeda, P., Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Cortez M., Hurtado G., 2002. Cultivo de la papa. Guía Técnica. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. El Salvador. 36 p.

FAO, 2008. Año Internacional de la Papa 2008. <http://www.fao.org/potato-2008/es/index.html>

Inostroza J., 2009. Manual de papa para la Araucanía: manejo y plantación. Boletín INIA N° 193. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 114 p.

Inostroza J., et al., 2017. Manual del cultivo de la papa en Chile. Boletín INIA N° 10. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile. 143 p.

Jeffrey C., Stephen L., 2003. Potato Production Systems. University of Idaho Agricultural Communications. USA. 426 p.

Mansilla M., Arribillaga, D., 2013. Antecedentes Técnicos para el cultivo de la papa (*Solanum Tuberosum* L.) en la Región de Aysén. Boletín INIA N° 272. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA Tamel Aike. Coyhaique, Chile. 88 p.

Obando L., 2005. Cortavientos artificiales para Magallanes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Punta Arenas, Chile. 31 p.

Pino M.T., Kalazich, J., 1995. Papa bajo un régimen de riego y cortavientos. Revista Tierra Adentro. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile. 19-21 p.

Rojas J.S., Orena, S., edición 2006. Manual de Producción de Papa para la Agricultura Familiar Campesina. Boletín INIA N° 147. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Osorno, Chile. 172 p.



## Capítulo VIII

### Fertilización y requerimientos nutricionales del cultivo de papas

#### Autor:

Patricio Sandaña G.  
Ingeniero Agrónomo M.Cs. Ph. D.  
INIA Remehue

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa en Chile se concentra principalmente en la zona sur y se extiende hasta Magallanes. Es un cultivo que se realiza principalmente en condiciones de secano y es realizado por pequeños agricultores con rendimientos promedios de 25 ton/ha. Sin embargo, en muchas partes del país, el rendimiento que alcanzan los productores está muy por debajo de los rendimientos potenciales del cultivo (Haverkort et al., 2014). Para incrementar los rendimientos de este cultivo es necesario realizar una agronomía eficiente que permita incrementar los rendimientos con un uso eficiente de los recursos (agua y nutrientes). La correcta fertilización del cultivo es uno de los factores más importantes por su efecto directo en el rendimiento y en la sustentabilidad del cultivo (Sandaña y Kalazich, 2015b). Por lo tanto, aplicar la dosis mínima óptima es de gran importancia para alcanzar las metas de rentabilidad y sustentabilidad. El objetivo del presente capítulo es poder mostrar al lector las bases teóricas de una





fertilización racional basada en los conceptos de la demanda, suministro y eficiencia de fertilización para la estimación de la dosis de fertilización con los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. Finalmente, se describe la calculadora de fertilización del cultivo de la papa, como una herramienta que engloba los conceptos anteriormente expuestos y que permite simplificar la estimación de las dosis de fertilización razonada en el cultivo de la papa.

### REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DEL CULTIVO

La disponibilidad de nutrientes en el momento, cantidad y forma aprovechable, de acuerdo a las necesidades del cultivo, es uno de los factores más importante que podrían limitar el rendimiento y calidad de los tubérculos. Al igual que en otros cultivos, los nutrientes esenciales son aquellos que:

- En su ausencia el cultivo es incapaz de completar su ciclo
- Cuya función no puede ser reemplazada por otro nutriente
- Deben estar involucrados en una función metabólica o formar parte de algún compuesto

Existen 16 nutrientes esenciales, los cuales son obtenidos desde el aire y el agua (Carbono (C), Hidrógeno (H), Oxígeno (O)) y desde el suelo (Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Boro (B), Molibdeno (Mo) y Cloro (Cl)). Además, este último grupo de nutrientes se clasifican en macro y micronutrientes, donde los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) corresponden a aquellos que son requeridos por el cultivo en mayores concentraciones, mientras que los micronutrientes (Zn, Mn, Fe, Cu, B, Cl y Mo) son aquellos que son requeridos en concentraciones muy bajas (Cuadro 15). Por lo tanto, es más común encontrar suelos deficientes en macronutrientes.

Entre los macronutrientes, hay que tener especial cuidado con los nutrientes N-P-K, debido que N y K se absorben en grandes cantidades (por sus altas concentraciones en biomasa) ya que los suelos, en su forma natural, presentan bajos niveles de P y una alta capacidad de fijación de este nutriente (suelos de origen volcánico). Es por esta razón que, en general la fertilización se centra, principalmente, en los nutrientes N-P-K.

Una vez que las deficiencias nutricionales de estos nutrientes han sido subsanadas, es recomendable corregir las deficiencias de micronutrientes.

**Cuadro 15.** Macro y micronutrientes (concentración y absorción) de un cultivo de papa que produjo 56 ton/ha con una producción total (follaje más tubérculos) de materia seca equivalente a 15.000 kg de materia seca total por hectárea (adaptado de Westermann, 2005) am. J Pot. Res.

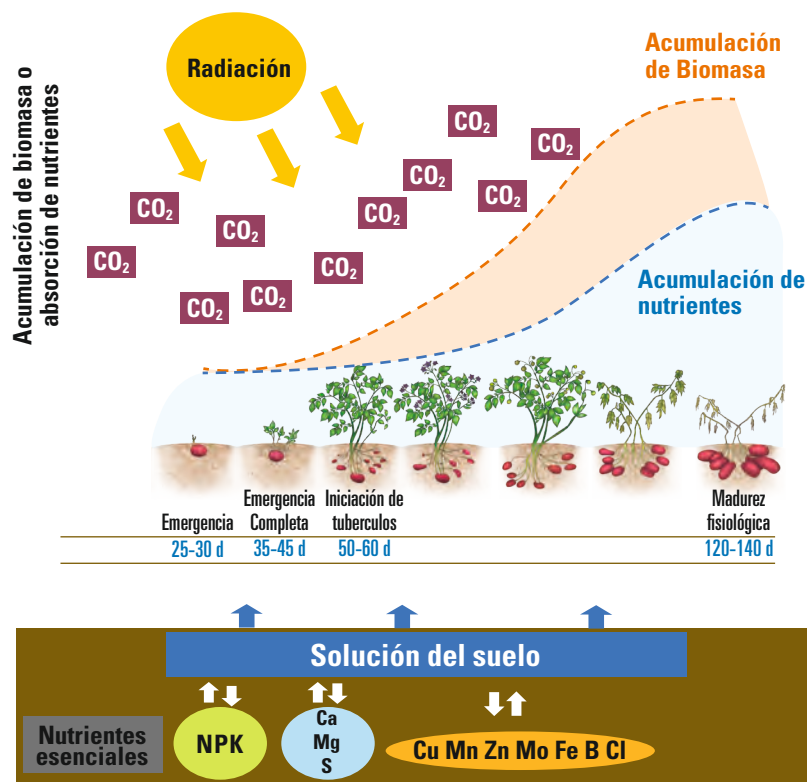
| Nutriente              | CONCENTRACIÓN EN<br>MATERIA SECA TOTAL<br>(%) | ABSORCIÓN TOTAL<br>(Kg/ha) |
|------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------|
| <b>Macronutrientes</b> |                                               |                            |
| Nitrógeno (N)          | 1,57                                          | 235                        |
| Fósforo (P)            | 0,21                                          | 31                         |
| Potasio (K)            | 1,70                                          | 255                        |
| Calcio (Ca)            | 0,61                                          | 91                         |
| Magnesio (Mg)          | 0,42                                          | 63                         |
| Azufre (S)             | 0,15                                          | 22                         |
| <b>Micronutrientes</b> |                                               |                            |
| Zinc (Zn)              | 0,00080                                       | 0,12                       |
| Manganeso (Mn)         | 0,00667                                       | 1,0                        |
| Fierro (Fe)            | 0,01333                                       | 2,0                        |
| Cobre (Cu)             | 0,00067                                       | 0,1                        |
| Boro (B)               | 0,00133                                       | 0,2                        |
| Cloro (Cl)             | 0,01533                                       | 2,3                        |
| Molibdeno (Mo)         | 0,00004                                       | 0,006                      |

Desde la emergencia, el cultivo de la papa comienza a utilizar la energía solar y el CO<sub>2</sub> atmosférico para iniciar su crecimiento aéreo y subterráneo, a través, del proceso de fotosíntesis. Deficiencias de N y P afectarán fuertemente la captura de energía solar (Vos, 2009; Sandaña and Kalazich, 2015a).

Para la formación de nuevas estructuras, es vital la absorción de nutrientes esenciales, los cuales son absorbidos desde la solución del suelo (Figura 41). Por esta razón, es de gran importancia evitar el déficit hídrico durante las primeras etapas del cultivo.

La cantidad total de nutriente a absorber, dependerá del potencial de crecimiento del cultivo, el cual depende de las condiciones climáticas durante su ciclo (temperatura, radiación solar y precipitaciones) y del manejo agronómico. En la medida que el cultivo crece, este acumula tanto biomasa

como nutrientes y aproximadamente el 80% del N y P se acumula en los primeros 80 días desde la emergencia del cultivo (Sierra et al., 2002), por lo tanto, estos nutrientes deben estar disponibles, en cantidades suficientes, desde la emergencia del cultivo, para satisfacer la demanda de crecimiento. Es por esta razón que se recomienda fertilizar 100% de la dosis de N-P-K a la plantación del cultivo, sobre todo en condiciones de sequo.



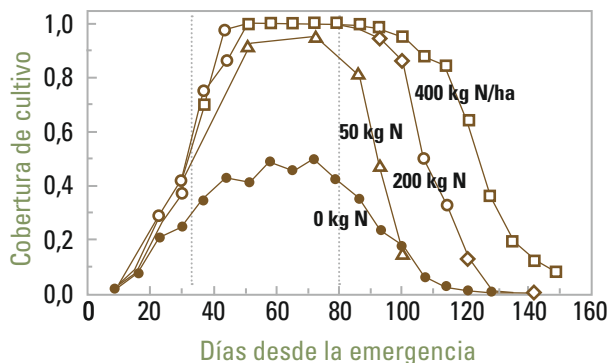
**Figura 41.** Modelo descriptivo de crecimiento y absorción de nutrientes esenciales en el cultivo de la papa.

## FUNCIONES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA

### NITRÓGENO (N)

El cultivo absorbe este nutriente como nitrato ( $\text{NO}_3$ ) y amonio ( $\text{NH}_4$ ). El N es el componente principal de proteínas y enzimas responsables de la fotosíntesis del cultivo. Es por esto, que está principalmente ligado al

crecimiento del cultivo. La deficiencia de este nutriente, se traduce desde la emergencia del cultivo, en una reducción de la fotosíntesis y cobertura del cultivo, por lo tanto, el cultivo es deficiente en la captura y uso de la energía solar (Figura 42 y 43).



**Figura 42.** Cobertura del cultivo de papa durante el ciclo de cultivo en respuesta a distintas dosis de fertilización nitrogenada (0, 50, 200 y 400 kg N/ha) Adaptado de Vos (2009).



**Figura 43.** Cultivo de papa sin fertilización nitrogenada (Izq.) y con fertilización nitrogenada (Der.).

## FÓSFORO (P)

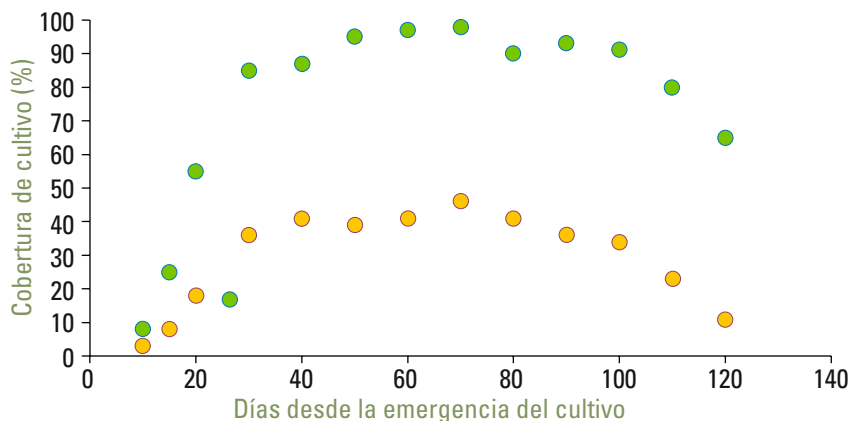
Este nutriente está principalmente involucrado en los procesos energéticos del funcionamiento celular. Similarmente al N, en suelos deficientes, esta deficiencia se presenta desde la emergencia y se traduce en una reducción de área foliar y cobertura del cultivo (Figura 44).

En suelos con niveles muy bajos de P (ej.: 4 mg/kg de P Olsen) el cultivo puede llegar a floración con una muy baja producción de follaje y muy



poca cobertura foliar, gran parte del suelo queda sin cubrir (Figura 45) y, por lo tanto, gran parte de la energía solar pasa directamente al suelo, no siendo aprovechada por el cultivo.

La sensibilidad a la deficiencia de P puede variar dependiendo del genotipo de papa utilizado. En un estudio realizado en Osorno se observó que variedades INIA presentan una mayor tolerancia a deficiencia de P en comparación a variedades introducidas desde otros países (Sandaña, 2016).



**Figura 44.** Cobertura del cultivo de papa sin (símbolos amarillos) y con (símbolos verdes) fertilización fosforada (300 kg P/ha).



**Figura 45.** Cultivo de papa variedad Yagana-INIA con deficiencia, sin fertilización fosforada (Izq.) y sin deficiencia de fósforo con aplicación de 300 kg  $P_2O_5$ /ha (Der.). El contenido inicial de P en el suelo fue de 7 mg P/kg de P-Olsen, según análisis de suelo. INIA Remehue, 2012.

## POTASIO (K)

Este nutriente es importante para la apertura y cierre de estomas, por donde se hace el intercambio gaseoso. Además, es importante en el transporte de fotoasimilados desde las hojas a los tubérculos en crecimiento. Su deficiencia igualmente provoca una menor cobertura de cultivo, plantas achaparradas y hojas amarillentas en sus bordes con necrosis (Figura 46).

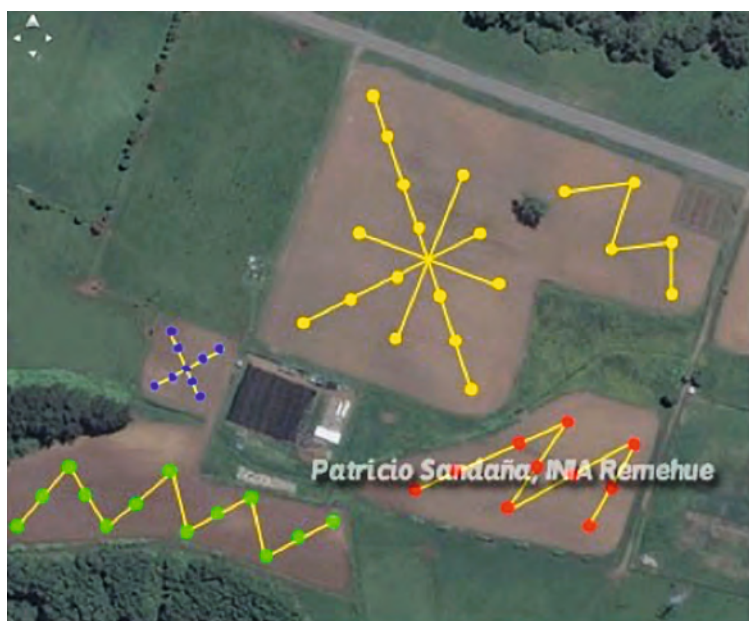


**Figura 46.** Cultivo de papa con deficiencia, sin fertilización potásica (Izq.) y sin deficiencia de potasio, aplicación de 350 kg KCl (Der.) y hojas con síntomas de deficiencia (Inf.). El contenido inicial de K disponible en el suelo fue de 95 mg K/kg, según análisis de suelo con rendimientos de 22 y 65 ton/ha en el tratamiento sin y con fertilización potásica, respectivamente.

## DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE SUELO

Para el diagnóstico de la fertilidad de suelo, es necesario realizar un análisis químico del terreno a cultivar. Para esto se debe realizar un correcto muestreo de suelos antes de la plantación. Existen varias alternativas para tomar la muestra de suelo, lo importante es realizarlo correctamente, independiente de los materiales que se utilicen.

La muestra que se envía al laboratorio es una mezcla de varias submuestras de suelo, dependiendo de la superficie del terreno. Se recomiendan terrenos de no más de 10 hectáreas y en él recolectar entre 20 a 25 submuestras. Por lo tanto, para la recolección de submuestras se debe establecer un diseño de muestreo para lograr que éste sea representativo del potrero completo, evitando sectores próximos a cercos, ingresos a potrero, canales de regadío, sectores donde hubo confinamiento animal, debajo de árboles, huellas de tractor y caminos. Una vez establecida la unidad de muestreo, se procede a recolectar las submuestras recorriendo la unidad establecida en zig-zag, o en cualquier otra forma sistemática (Figura 47), tomando una submuestra cada cierta distancia.



**Figura 47.** Ejemplos de diseño de muestreos para obtener submuestras de suelo según tamaño y forma del potrero.

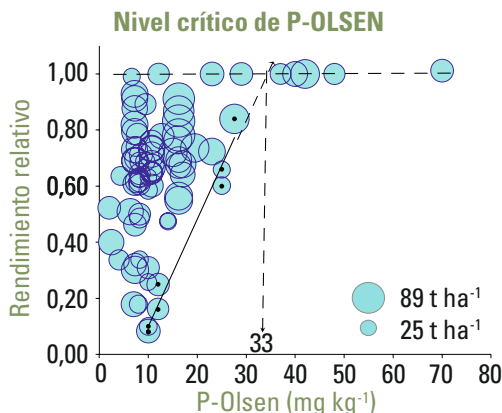
La submuestra para cultivos debe ser tomada en los primeros 20 cm de profundidad, ya que en esa superficie se encuentra la mayor cantidad de raíces. No incorporar la cubierta vegetal en la submuestra. Todas las submuestras se van agregando a un balde plástico o bolsa plástica limpia. Una vez obtenidas todas las submuestras se procede a mezclar bien el contenido del balde para luego extraer una sola muestra homogénea (aproximadamente de 1 kg) que será enviada al Laboratorio. Acompañar la muestra con los antecedentes e identificación en el formulario proporcionado por el laboratorio. Si no es posible enviar la muestra de inmediato a laboratorio, es necesario mantenerla en un lugar fresco y/o refrigerado (en la sección de verduras del refrigerador). Esto minimizará potenciales cambios en la muestra producto de altas temperaturas que incrementan la actividad de microorganismos del suelo.

El análisis de suelo entregará información importante para definir criterios de fertilización y determinar la dosis de macronutrientes. Por ejemplo, en base a experimentos realizados en distintas temporadas y zonas del país se ha logrado definir niveles críticos de P (P-Olsen) (Sandaña et al., 2018) y K intercambiable en el suelo (Gráficos 22 y 23).

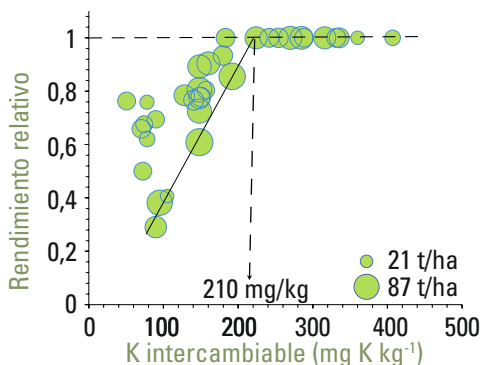
En el caso del P, se ha establecido que suelos en los cuales el nivel de P-Olsen (según análisis de suelo) es menor a 33 mg/kg P-Olsen es necesario realizar una fertilización de corrección, ya que es probable que los cultivos sufran deficiencia de P, mientras que suelos con niveles superiores a este umbral, deberán ser fertilizados solo con dosis de mantención (0,5 kg de P/ tonelada de papa cosechada), ya que el cultivo no responderá a la fertilización fosforada.

Similarmente, en el caso del K se ha establecido un nivel crítico de 210 mg K/kg de potasio intercambiable (Gráfico 23), lo cual implica que suelos con niveles menores a este umbral deberán ser fertilizados para corregir K, mientras que suelos con valores superiores a 210 mg K/kg deberán ser fertilizados solo con dosis de mantención equivalente a 3 kg de K por tonelada de papa cosechada. Por lo tanto, estos dos ejemplos resaltan la importancia de realizar análisis químico de suelo (a partir de muestras de suelo correctamente tomadas), ya que es la única forma de poder cuantificar el nivel de fertilidad que posee un determinado suelo. Es necesario destacar que estos umbrales críticos de P y K son solo útiles para el cultivo de la papa y no para otros cultivos.





**Gráfico 22.** Rendimiento relativo en relación al contenido inicial de P-Olsen. El nivel crítico de fósforo en el suelo (33 mg/kg P-Olsen) indica que por debajo de este valor se han observado reducciones del rendimiento cuando el cultivo no se fertiliza con P. Por el contrario, cultivos en suelos con valores de P-Olsen inicial sobre 33 no responderán a la fertilización fosforada. Cada círculo corresponde a un experimento en el cual se comparó el rendimiento de un tratamiento sin fertilización fosforada y un tratamiento con alta dosis de P (rendimiento sin P/rendimiento con P). Rendimientos relativos menores a 1 indican distintos grados de reducción del rendimiento (de deficiencia de P). Sobre el umbral de 33 mg/kg P-Olsen debería realizarse solo fertilización de mantención. Adaptado de Sandaña et al., (2018).



**Gráfico 23.** Rendimiento relativo en relación al contenido inicial de K intercambiable. El nivel crítico de K en el suelo (210 mg K/kg) indica que por debajo de este valor se han observado reducciones del rendimiento cuando el cultivo no se fertiliza con K. Por el contrario, cultivos en suelos con valores de K intercambiable sobre el nivel crítico no responderán a la fertilización potásica. Cada círculo corresponde a un experimento en el cual se comparó el rendimiento de un tratamiento sin fertilización potásica y un tratamiento con alta dosis de K (rendimiento sin K/rendimiento con K). Rendimientos relativos menores a 1 indican distintos grados de reducción del rendimiento (de deficiencia de K). En suelos con contenidos de K sobre el nivel crítico (210 mg K/kg intercambiable) debería realizarse solo fertilización de mantención equivalente a 3 kg de K por tonelada de papa cosechada.

## ESTIMACIÓN DE LA DOSIS DE FERTILIZACIÓN

Si bien el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) están presentes en todos los suelos, puede ocurrir que se encuentren en niveles deficientes para el cultivo, afectando negativamente su área foliar, la intercepción de radiación (Sandaña y Kalazich, 2015a) y, finalmente, el rendimiento (Sandaña, 2016). Por lo tanto, en estos casos es necesario realizar una fertilización con el nutriente en cuestión. Por otro lado, una producción rentable y sustentable en el cultivo de papa requiere de un manejo racional de la fertilización. Por lo tanto, las dosis de fertilización deben ser establecidas a partir del balance entre **demanda, el suministro del nutriente y la eficiencia de fertilización**.

Estos factores implican que no existe una dosis única de fertilización. Cada productor debe calcular su propia dosis de fertilización en función de su ambiente productivo (clima y suelo); requerimientos del cultivo (variedad y manejo agronómico) y de las características propias del agricultor (conocimiento y nivel tecnológico).

Todos estos factores interactúan entre sí, determinando las variables que definen una dosis de fertilización, es decir, demanda de nutriente por el cultivo, suministro del nutriente desde el suelo y eficiencia de la fertilización. De esta manera, usando el conocimiento e información de las variables señaladas, es posible estimar la dosis de fertilización usando la siguiente fórmula:

$$DOSIS\ DE\ FERTILIZACIÓN = \frac{DEMANDA - SUMINISTRO}{EFICIENCIA\ DE\ FERTILIZACIÓN}$$

### DEMANDA DE NUTRIENTE

Es la cantidad total del nutriente que absorberá el cultivo durante la temporada. Se define como el producto entre la materia seca total a alcanzar (según el rendimiento esperado) y la concentración mínima óptima del nutriente en dicha materia seca. Se relaciona directamente con el rendimiento que se espera alcanzar. En la medida que aumenta el rendimiento de un cultivo, mayor será la absorción total del nutriente (demanda).

Para el N, P y K se ha establecido un factor de demanda de 2,56 kg N; 0,47 kg P; y 4,0 kg K por cada tonelada de papa a producir. En este sentido, es de gran importancia poder definir el rendimiento que se puede alcanzar en los sistemas productivos de papa en Magallanes.

Por ejemplo, en experimentos realizados en INIA Kampenaike (con semilla de calidad Pukará INIA, sin deficiencias nutricionales y bajo riego por goteo) se han observado rendimientos que han fluctuado entre 19 y 52 ton/ha, dependiendo de la temporada. **Por lo tanto, un rendimiento alcanzable para Magallanes sería alrededor de 50 ton/ha. Este rendimiento equivaldría a una demanda de nutrientes de 128 kg N, 23 kg P/ha y 200 kg K/ha ( $N = 2,56 \times 50$ ;  $P = 0,47 \times 50$  y  $K = 4,0 \times 50$ ).**

## SUMINISTRO DE NUTRIENTE

Es la cantidad de nutriente que puede ser aportado por el suelo durante el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, es muy importante realizar un análisis químico del suelo antes del cultivo.

Con respecto al suministro de nitrógeno, se ha observado que la absorción de N en tratamientos sin fertilización nitrogenada fluctuó entre 42 kg N/ha y 172 kg N/ha. Por lo tanto, el suelo podría al menos aportar una cantidad en promedio de 50 kg de N/ha.

En experimentos (tres temporadas entre el 2016-18) **sin fertilización nitrogenada, realizados en INIA-Kampenaike se estimó que el cultivo, con rendimientos promedios de 24 ton/ha, absorbió en promedio 59 kg N/ha, el cual fue el suministro de N del suelo aportado por el suelo.**

En el caso del suministro de P, hay que tener en cuenta, además, la capacidad del cultivo para absorber P (factor de absorción).

En distintos experimentos se ha observado que, en promedio, el factor de absorción de P es de 1,5 kg de P por cada unidad de P-Olsen (valor de P que entrega el análisis de suelo). Esto significa que si un suelo tiene 10 mg P-Olsen/kg (según análisis de suelo) el suministro de P será de 15 kg P/ha ( $10 \times 1,5$ ). Por otro lado, a partir de los resultados de diferentes experimentos, se ha identificado un nivel umbral de P-Olsen en el suelo por debajo del cual se presentan deficiencias y con ello reducción del rendimiento (Gráfico 22). En estos casos es recomendable realizar fertilización fosforada de corrección para alcanzar los 33 mg P/kg de P-Olsen. Por sobre este nivel, debería realizarse solo fertilización de mantención (0,5 kg de P/tonelada de papa cosechada).

Respecto de los requerimientos de K en el cultivo de la papa, con niveles iguales o superiores a 210 mg K/kg (Gráfico 23), el cultivo no responde a la

fertilización y solo requiere una fertilización para mantener los niveles de K en el suelo (3 kg K/tonelada de papa cosechada). El umbral de 210 mg K/kg (Gráfico 23) fue obtenido a partir de diversos experimentos realizados anteriormente, donde se determinó la reducción del rendimiento bajo diferentes disponibilidades de K, según análisis químico inicial de los suelos.

Cualquier productor que desee realizar un cultivo comercial de papa es fundamental que previamente realice un análisis del suelo que va a plantar. Esto le permitirá tomar decisiones acertadas, respecto de las dosis de fertilizantes a aplicar y, por lo tanto, permitirá reducir los costos y/o alcanzar los rendimientos esperados, según condición ambiental y el manejo agronómico del cultivo.

### EFICIENCIA DE FERTILIZACIÓN

Corresponde a la fracción del nutriente total aplicado que será absorbido por el cultivo, la que depende del tipo de suelo y de la tecnología de aplicación del fertilizante (forma y momento de aplicación).

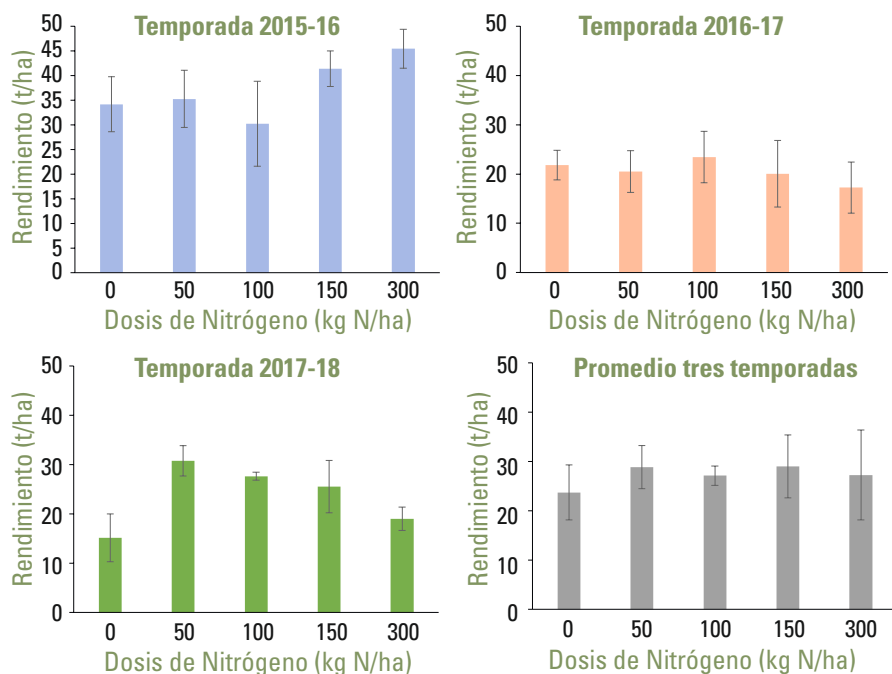
En el caso del N, se ha establecido que la eficiencia de fertilización nitrogenada fluctúa entre 50 y 55%. Respecto de la eficiencia de fertilización fosforada para los suelos presentes en el sur de Chile, se considera entre un 10-14%, dependiendo del tipo de suelo. En el caso del K, se han observado eficiencias de fertilización entre 50-60%. Para la fertilización nitrogenada, fosforada y potásica eficiente, se recomienda localizar e incorporar el 100% de la dosis en el surco al momento de la plantación del tubérculo semilla.

### RESULTADOS DE ENSAYOS DE FERTILIZACIÓN REALIZADOS EN KAMPENAIKE

Experimentos realizados durante tres temporadas evaluando distintas dosis de fertilización nitrogenada, han demostrado que los rendimientos pueden fluctuar en promedio, dependiendo de la dosis y temporada de crecimiento, entre 15 y 45 ton/ha. Estos valores corresponden al tratamiento sin fertilización (temporada 2017-18) y el tratamiento de máxima dosis en la temporada 2015-16, respectivamente (Figura 48). La dosis de máxima respuesta en rendimiento correspondió a 300 kg N en la temporada 2015-16 y 50 kg N en la temporada 2017-18, mientras que en la temporada 2016-17 no existió respuesta a la fertilización. Lo anterior demuestra que



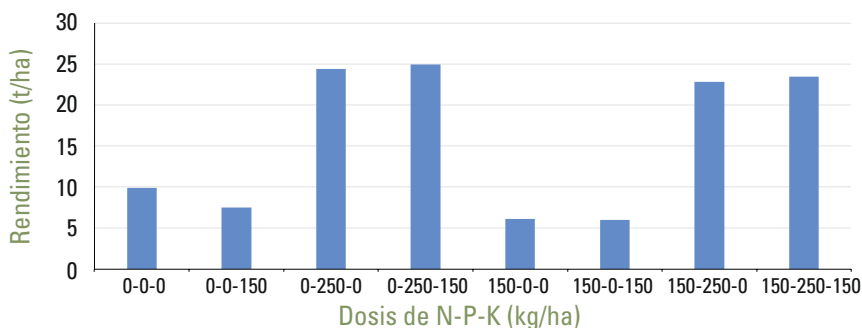
no existe una dosis única de fertilización, ya que de una temporada a otra tanto las condiciones climáticas como el suelo utilizado cambian afectando el crecimiento y el suministro de N desde el suelo. Al promediar las tres temporadas se observó que la dosis de N que maximiza el rendimiento está entre 50 y 100 kg N/ha. Por otro lado, el máximo rendimiento observado (45 ton/ha) podría ser utilizado como un rendimiento de referencia para calcular futuras dosis de fertilización (ver sección calculadora de fertilización).



**Figura 48.** Rendimiento del cultivar Pukará INIA en respuesta a dosis crecientes de N, en ensayos realizados durante tres temporadas en INIA Kampenaike.

En otro experimento realizado durante la temporada 2017-18 en INIA Kampenaike, en el cual se evaluaron distintas combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio se observaron rendimientos que fluctuaron entre 6 y 25 ton/ha (Gráfico 24). Los resultados de rendimiento muestran claramente que cuando el cultivo no fue fertilizado con fósforo, el rendimiento fue solo un 30% del potencial alcanzado con una fertilización fosforada (250 kg  $P_2O_5$ /ha). Lo anterior refleja la existencia de una deficiencia de fósforo y concuerda con el análisis de suelo que demostró un contenido inicial de fósforo de 9 mg/kg. Este valor está muy debajo del óptimo para el cultivo de la papa (33

mg/kg). Por lo tanto, para planificar una correcta fertilización del cultivo es muy necesaria la realización de un análisis de suelo del potrero a plantar.



**Gráfico 24.** Rendimiento del cultivar Yagana-INIA en respuesta a distintas dosis de nitrógeno, fósforo y potasio en un ensayo realizado durante la temporada 2017-18 en INIA-Kampenaiké. Los tres dígitos en cada barra indican la dosis de nitrógeno-fósforo-potasio utilizada. Ejemplo, el tratamiento 0-250-0 indica que el cultivo solo recibió 250 kg de fósforo.

## CALCULADORA DE FERTILIZACIÓN RAZONADA

La calculadora de fertilización del cultivo de papa (Sandaña, 2015c) es una herramienta útil para simplificar el cálculo de la dosis de fertilización, ya que resume e integra información y conocimiento obtenido a partir de resultados de investigación realizados por INIA en distintas zonas del sur de Chile.

Los experimentos involucraron distintas dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, los que permitieron estimar los parámetros necesarios para una fertilización racional del cultivo. La calculadora estima una **dosis de fertilización** tomando en consideración aspectos de la **demanda del nutriente**, el **suministro del nutriente** desde el suelo y la **eficiencia de la fertilización**, según cada nutriente. De esta forma, usando el conocimiento e información de las variables señaladas, es posible estimar la dosis de fertilización usando la calculadora. Esta calculadora se divide en tres secciones: a) Determinación de la dosis del nutriente, b) determinación de la dosis del fertilizante y c) determinación de la dosis de mantención para P y K.

## SECCIÓN I: CÁLCULO DE LA DOSIS DE NUTRIENTES (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y KCl en kg/ha)

En la primera sección de la calculadora, se deberán ingresar los siguientes datos para estimar la dosis del nutriente (Figura 49).

1. Seleccionar tipo de suelo. Para el caso de Magallanes, se recomienda en esta sección seleccionar el tipo de suelo Trumao. Si bien pueden existir diferencias según tipo de suelo, los principales efectos en la determinación de la dosis están dados por el rendimiento alcanzar y el análisis de suelo propiamente tal.
2. Ingresar rendimiento total esperado expresado en toneladas/ha, en este ejemplo se esperan 50 ton/ha de rendimiento (este es un rendimiento que se ha alcanzado en Magallanes).
3. Ingresar en la calculadora los datos de análisis de suelo para nitrógeno (N-NO<sub>3</sub>), fósforo (P-Olsen) y potasio (K intercambiable). Para este ejemplo el análisis de suelo indica un nivel de nitrógeno de 20 mg/kg, 10 mg/kg de fósforo Olsen y 120 mg/kg de potasio.

CALCULADORA DE FERTILIZACIÓN RAZONADA PARA EL CULTIVO DE PAPA

Tipo de Suelo

Suelo Trumao

Rendimiento Total esperado (según clima, suelo y agronomía)

(t/ha)

50

1000 sacos/ha

Datos del análisis suelo (a 20 cm profundidad)

(mg/kg)

N-NO<sub>3</sub> (mg/kg)

20

P-Olsen (mg/kg)

10

K intercambiable (mg/kg)

120

Dosis del nutriente según rendimiento y análisis de suelo

(kg/ha)

N (kg/ha)

91

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (kg/ha)

268

KCl (kg/ha)

197

\*Los sacos de rendimiento y fertilizantes son de 50 kg

**Figura 49.** Sección I de la Calculadora de fertilización razonada. En base al tipo de suelo, rendimiento y análisis de suelo, se calculó las dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.



En caso del potasio, puede que en el análisis de suelo esté expresado en  $\text{cmol}^+/\text{kg}$ , por lo tanto, es necesario multiplicar este valor por 390 para transformar a  $\text{mg}/\text{kg}$  y así poder usarlo en la calculadora. Ej: K intercambiable ( $\text{cmol}^+/\text{kg}$ ) = 0.31. Para pasar a  $\text{mg}/\text{kg}$  multiplicar por 390, lo cual da como resultado 120  $\text{mg}/\text{kg}$  de K.

El primer resultado que arroja la calculadora corresponde a la dosis por hectárea que, en este caso para N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y KCl es de 91, 268 y 197  $\text{kg}/\text{ha}$ , respectivamente. Estos resultados son utilizados posteriormente para calcular la dosis del fertilizante según la concentración de nutriente de cada fertilizante.

## SECCIÓN II: CÁLCULO DE LA DOSIS DE CORRECCIÓN FERTILIZANTES

En esta sección el agricultor deberá ingresar el fertilizante que ocupa para que la calculadora realice el “cálculo de dosis de corrección” según este tipo de fertilizante (Figura 50).

- Opción a: Si el agricultor compra una mezcla de fertilizante (Ej: mezcla 10-20-10) deberá llenar ingresando los valores de la mezcla en el casillero correspondiente para N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  y KCl. En este caso, la dosis de mezcla calculada fue de 1.967  $\text{kg}/\text{ha}$ .
- Opción b: Si el productor hace su propia mezcla (ej: urea (46%N), superfosfato triple (46%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), muriato de potasio (60% KCl, etc.) deberá ingresar los valores de concentración de cada fertilizante. Esto permitirá estimar la dosis de mezcla o fertilizantes por separado, según disponibilidad del productor. En este caso la dosis calculada de urea (198  $\text{kg}/\text{ha}$ ), superfosfato triple (582  $\text{kg}/\text{ha}$ ) y muriato de potasio (328  $\text{kg}/\text{ha}$ ) dio como resultado una mezcla total de 1.108  $\text{kg}/\text{ha}$ .



DOSIS DE CORRECCIÓN SEGÚN FERTILIZANTE

Opción 1: Dosis usando Mezcla Comercial

| a) Mezcla Comercial                                                               |                                             | (%)                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
|  | N en mezcla (%)                             | 10                      |
|                                                                                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en mezcla (%) | 20                      |
|                                                                                   | KCl en mezcla (%)                           | 10                      |
|                                                                                   |                                             | (kg/ha)      (sacos/ha) |
| Dosis total según Mezcla Comercial                                                |                                             | 1967      39            |

Opción 2: Dosis usando Fertilizantes por separado

| b) Fertilizantes                                                                  |                                                             | (%)                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------|
|  | N en fertilizante Nitrogenado (%)                           | 46                      |
|                                                                                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en fertilizante Fosforado (%) | 46                      |
|                                                                                   | KCl en fertilizante Potásico (%)                            | 60                      |
|                                                                                   |                                                             | (kg/ha)      (sacos/ha) |
| Dosis de fertilizante Nitrogenado (kg/ha)                                         |                                                             | 198      4              |
| Dosis de fertilizante Fosforado (kg/ha)                                           |                                                             | 582      12             |
| Dosis de fertilizante Potásico (kg/ha)                                            |                                                             | 328      7              |
| Dosis total según Mezcla propia                                                   |                                                             | 1108      23            |

**Figura 50.** Cálculo de la dosis de mezcla (10-20-10) o la dosis de fertilizantes (Urea, superfosfato triple y Muriato de potasio) según disponibilidad. Para este ejemplo, la dosis de nutrientes de la sección I puede suplirse con 1.967 kg de mezcla 10-20-10 o con 1.108 kg de mezcla urea (198 kg/ha), superfosfato triple (582 kg/ha) y muriato de potasio (328 kg/ha).

### SECCIÓN III: CÁLCULO DE LA DOSIS DE MANTENCIÓN

Si se desea aplicar dosis de mantención, el productor deberá ingresar la concentración de nutriente del fertilizante fosforado y potásico, según disponibilidad. La dosis de mantención se deberá aplicar cuando el resultado de la dosis de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> o KCl (Figura 51) sea igual o menor a cero (negativo) o cuando los niveles de fósforo y potasio están por sobre 33 y 210 mg/kg, respectivamente según análisis de suelo. Para el siguiente ejemplo la dosis de mantención sería 87 kg de superfosfato triple y 275 kg de muriato de potasio.

| DOSIS DE MANTENCIÓN                                         |         |            |
|-------------------------------------------------------------|---------|------------|
| Dosis del nutriente                                         | (kg/ha) |            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)                       | 40      |            |
| KCl (kg/ha)                                                 | 165     |            |
| Concentración de nutrientes en Fertilizantes disponibles    | %       |            |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> en fertilizante Fosforado (%) | 46      |            |
| KCl en fertilizante Potásico (%)                            | 60      |            |
| Dosis del fertilizante                                      | (kg/ha) | (sacos/ha) |
| Dosis Mantenión fertilizante Fosforado (kg/ha)              | 87      | 2          |
| Dosis Mantenión fertilizante Potásico (kg/ha)               | 275     | 6          |

**Figura 51.** Sección III para determinar la dosis de mantención de P y K, según disponibilidad de fertilizante.

Con estos 3 pasos y teniendo un análisis de suelo del potrero, donde se establecerá el cultivo de papa, se podrá determinar una fertilización razonada de acuerdo al nivel nutricional del potrero y el rendimiento a alcanzar.



## LITERATURA CONSULTADA

Haverkort, A., Sandaña, P., Kalazich, J. (2014). Yield gaps and ecological footprints of potato production systems in Chile. *Potato Research* 57:13-31 <http://dx.doi.org/10.1007/s11540-014-9250-8>

Sandaña, P. Sandra Orena, José Santos Rojas, Julio Kalazich, Marco Uribe, (2018). Critical value of soil Olsen-P for potato production systems in volcanic soils. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. Accepted, *in press*.

Sandaña, P., (2016). Phosphorus uptake and utilization efficiency in response to potato genotype and phosphorus availability. *European Journal of Agronomy* 76:95-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2016.02.003>

Sandaña, P., Kalazich, J. (2015a). Ecophysiological determinants of tuber yield as affected by potato genotype and phosphorus availability. *Field Crops Research* 180: 21-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.005>

Sandaña, P., Kalazich, J. (2015b). Attainable CO<sub>2</sub> emission of ware potatoes under high yield conditions in southern Chile. *American Journal of Potato Research* 92: 318-325. <http://dx.doi.org/10.1007/s12230-015-9433-0>

Sandaña, P. (2015c). Calculadora de Fertilización Razonada para el Cultivo de Papa (<http://manualinia.papachile.cl/?page=fertilizacion>). En: Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Sierra, C., Rojas, J.S., Kalazich, J. (2002). Manual fertilización del cultivo de la papa en la zona sur de Chile. *Boletín INIA* N°76. 104.

Vos, J. (2009). Nitrogen Responses and Nitrogen Management in Potato. *Potato Research* 52, 305-317.



## Capítulo IX

### Requerimientos hídricos y manejo del riego en el cultivo de papas

#### Autor:

Hamil Uribe C.  
Ingeniero Civil Agrícola M. Cs. Dr.  
INIA Quilamapu

### INTRODUCCIÓN

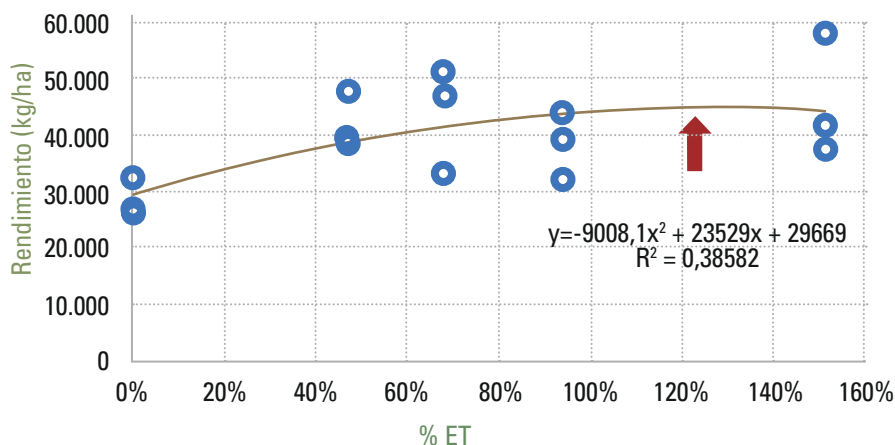
La papa es el cultivo que mayor superficie establecida tiene la región de Magallanes, siendo la hortaliza que más se produce en la región. Sin embargo, su producción se ha desarrollado de manera tradicional, en base a los conocimientos adquiridos por tradición familiar, sin un estudio previo del comportamiento del cultivo en la región, que permita realizar un manejo agronómico adecuado para el aumento del rendimiento, siendo los resultados de este programa la primera aproximación para evaluar el efecto del riego sobre su producción final.

El efecto del riego sobre el cultivo de la papa se puede graficar mediante funciones de producción, que muestran cómo el nivel de riego afecta el rendimiento del cultivo (Gráfico 25).





El Gráfico 25 muestra resultados de rendimiento de papas en Kampenaike en la temporada 2016-2017, regadas por goteo, con diferentes tasas de reposición. Se puede apreciar que existe un nivel óptimo de riego en el cual el rendimiento es máximo y a medida que nos alejamos de este punto, ya sea con déficit o excesos de agua, la producción disminuye. La cantidad de agua se puede expresar como porcentaje respecto de la Evapotranspiración del cultivo (%ET), valor que depende de parámetros atmosféricos, como temperatura, humedad relativa, velocidad del viento, radiación solar y estado fenológico de la planta.



**Gráfico 25.** Función de producción que muestra el efecto del riego sobre el rendimiento de papa (Kampenaike, temporada 2017-2018). % ET: porcentaje de riego respecto a la evapotranspiración del cultivo. Flecha indica nivel de riego que produjo máximo rendimiento.

La cantidad de agua que se debe aplicar debe ser justa y la misma para todas las plantas. Esto tiene relación con un concepto fundamental, la **Uniformidad del Riego** (Figura 52), es decir, que el método de riego utilizado debe ser capaz de entregar un volumen de agua similar a todas las plantas, lo que se logra con un buen diseño de éste.

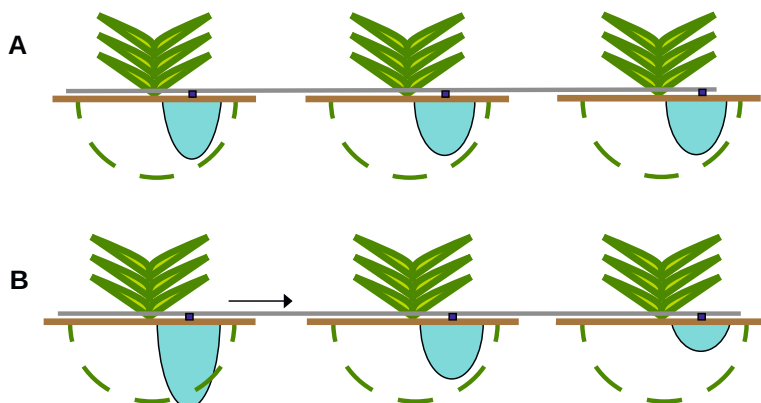


Figura 52. A) Riego uniforme, B) Riego no uniforme.

Otro concepto importante es la **Eficiencia de Riego** (Figura 53), la cual indica la proporción del agua utilizada por la planta, con respecto al total del agua aplicada. La eficiencia varía de acuerdo al método de riego utilizado, siendo de 45% para riego por surco, 75% para aspersión y 90% en riego por goteo (CNR, 2015). Para lograr una buena eficiencia no sólo se debe contar con infraestructura bien diseñada, también es muy importante un buen manejo de la misma.

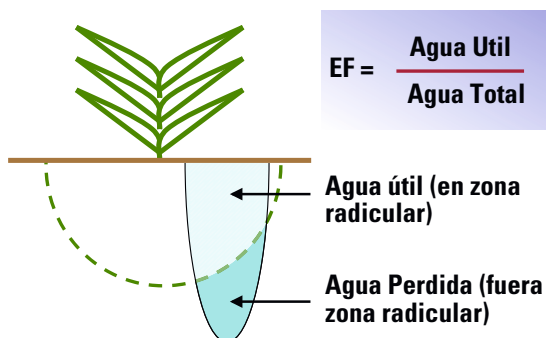


Figura 53. Eficiencia de riego (EF).

Se debe señalar que, si las fuentes de agua son limitadas, se recomienda usar métodos presurizados y si además se agrega una condición de fuertes vientos, como es el caso de Magallanes, la elección debe ser de riego localizado (goteo, cinta).

Para facilitar la comprensión de los temas relacionados con el riego de la papa, este capítulo se centrará en responder tres preguntas fundamentales:

- 1) ¿Cómo regar?,
- 2) ¿Cuánto regar?
- 3) ¿Cuándo regar?

### CÓMO REGAR EL CULTIVO DE PAPA

La respuesta a esta pregunta tiene relación a la selección del método de riego a utilizar. Este punto fundamental debe ser resuelto considerando la siguiente información:

#### DISPONIBILIDAD DE AGUA

Es importante tener en cuenta que el agua debe estar disponible en forma suficiente y oportuna. En Magallanes la distribución del agua de chorrillos o esteros varía durante la temporada, siendo una limitante para la superficie a regar. En el caso de pozos profundos es probable encontrar caudales más estables, pero de bajo caudal, de tal forma que la cantidad de agua disponible es una limitante.

#### CLIMA

El clima es un factor relevante, cuyas características pueden limitar la aplicación de ciertos métodos de riego. Por ejemplo, el viento fuerte es una condición que provoca un mal funcionamiento del riego por aspersión.

#### TIPO DE SUELO

La textura del suelo es fundamental para la selección del método de riego. Los suelos de tipo arenoso o arcilloso limitan las posibilidades del manejo de agua por surcos, pero es posible hacerlo con riego localizado. Los suelos francos se adaptan a cualquier método de riego de buena forma.

#### TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

Suelos planos, con pendiente uniforme y baja permiten el riego por surco. Sin embargo, si la pendiente es fuerte o irregular, el riego localizado o por aspersión sería más recomendable.



### DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA

En general en huertos menores a 3 hectáreas, el riego localizado requiere electrificación monofásica, normalmente presente en las casas de los agricultores. Sin embargo, para superficies mayores, se debe contar con electrificación trifásica. En cualquiera de los dos casos es necesario verificar la distancia del tendido eléctrico puesto que se trata de costos que podrían afectar la factibilidad económica del proyecto. Si los costos de electrificación son muy altos se deberá optar por riego por gravedad.

### TAMAÑO DEL HUERTO

Existen huertos pequeños, cuyas hileras de plantas no superan los 30 o 40 m. En estos casos el riego por surco puede ser ineficiente, debido a la corta longitud de ellos.

### MANO DE OBRA DISPONIBLE

Si la disponibilidad de mano de obra es baja, es recomendable el riego tecnificado, puesto que dejará personal disponible para otras actividades productivas.

El cuadro 16 presenta un resumen de las recomendaciones de método de riego asociadas a las características de predio.



**Cuadro 16.** Recomendaciones de método de riego asociadas a las características de predio

| Características                | Gravitacional | Goteo | Aspersión | Pivote |
|--------------------------------|---------------|-------|-----------|--------|
| Baja disponibilidad de agua    | +             | +++   | ++        | +++    |
| Viento                         | +++           | +++   | +         | +      |
| Suelo arenoso                  |               | +++   | ++        | +++    |
| Suelo poco profundo            |               | +++   | ++        | +++    |
| Terreno con pendiente          |               | +++   | ++        | ++     |
| Raíces superficiales           | +             | +++   | ++        | +++    |
| Baja disponibilidad de energía | +++           | ++    | +         |        |
| Hileras cortas (<40 m)         | +             | +++   | ++        |        |
| Escasa mano de obra            | +             | +++   | ++        | +++    |

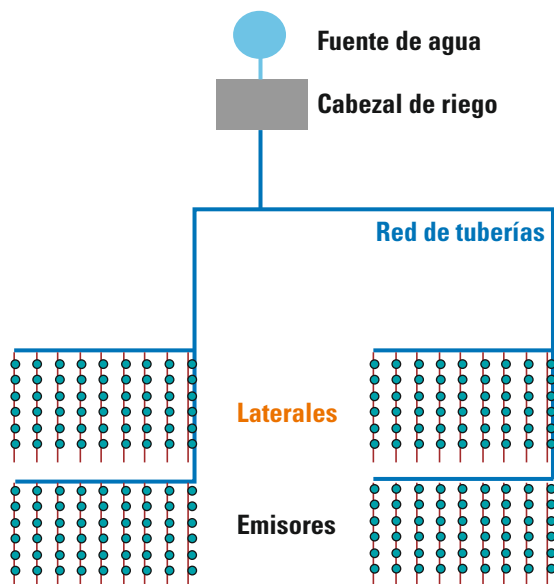
De los puntos antes mencionados, para las condiciones de la zona magallánica se consideran relevantes la escasez de agua y el viento, por lo que se recomienda el riego localizado (goteo o cinta), dejando de lado el riego por aspersión. El riego gravitacional sólo sería aplicable bajo condiciones particulares en plantaciones de alta disponibilidad de agua, asociadas a suelos planos de textura media, por su menor eficiencia.

## ASPECTOS GENERALES DE RIEGO LOCALIZADO

### COMPONENTES DE RIEGO LOCALIZADO



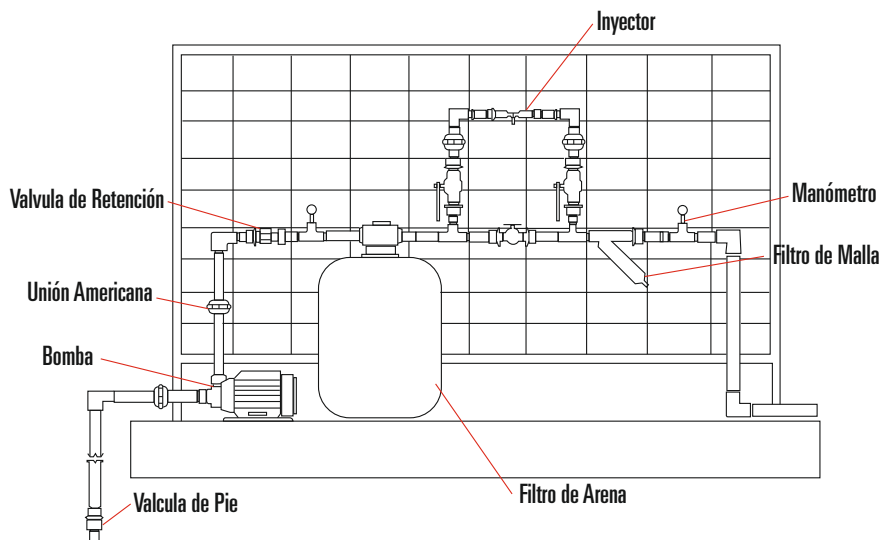
Un equipo de riego localizado consta de una fuente de agua, cabezal de control, red de tuberías para la conducción y distribución del agua, mangueras laterales que contienen los emisores y los emisores propiamente tales (Figura 54).



**Figura 54.** Partes de equipo de riego localizado.

El cabezal de riego o centro de control, es un conjunto de instrumentos utilizados para filtrar el agua, fertilizar y controlar presiones y caudales. Está compuesto principalmente por cuatro elementos: a) Fuente impulsora del agua (generalmente una bomba), b) Filtros (de grava, malla o anillas), c) unidad de fertilización (inyector de fertilizantes tipo venturi) y d) elementos de control de flujo (programador de riego, manómetros, válvulas). La disposición u orden de los elementos es importante y se muestra en la Figura 55.





**Figura 55.** Componentes del cabezal de riego y su ubicación.

En relación a los filtros, se debe destacar que para fuentes de agua superficiales (canal, vertientes, chorrillos, etc.) se debe usar un filtro de arena y posteriormente uno de anillas o malla (normalmente de 150 mesh). Cuando se utiliza agua de pozo se puede prescindir del filtro de arena. Si se cuenta con un inyector de fertilizantes, un filtro de malla o anillas debe estar abajo del inyector.

Los filtros se deben mantener limpios para que no afecten los niveles de presión en los emisores. Nunca se debe hacer funcionar el riego sacando la malla o los anillos de los filtros puesto que se tapan los goteros o cintas.

El riego localizado permite la aplicación de fertilizantes, pesticidas u otros productos mezclados con el agua de riego, siempre y cuando estos sean completamente solubles. Existen muchas clases de aparatos para la incorporación de productos al agua, sin embargo, el más común en explotaciones pequeñas es el llamado “venturi”. Este aparato succiona la solución concentrada de producto preparado en depósitos de 20 a 200 litros y lo incorpora al flujo de agua de riego.

Los elementos de control de flujo permiten el accionamiento de la red y a la vez operar en forma secuencial el riego en distintos sectores. Pueden ser automáticos (programadores de riego) o manuales (válvulas).

Las tuberías para conducción que se utilizan en las instalaciones de riego localizado, son fundamentalmente de PVC, mientras que los laterales son de Polietileno (PE). El conjunto de tuberías debe ser capaz de conducir con la mayor eficiencia posible el agua desde la fuente de abastecimiento hasta la planta misma.

Los emisores son los dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías laterales hacia las plantas. Los más utilizados son goteros, cinta y microjets. Estos últimos no son recomendables en Magallanes por ser afectados por el viento.

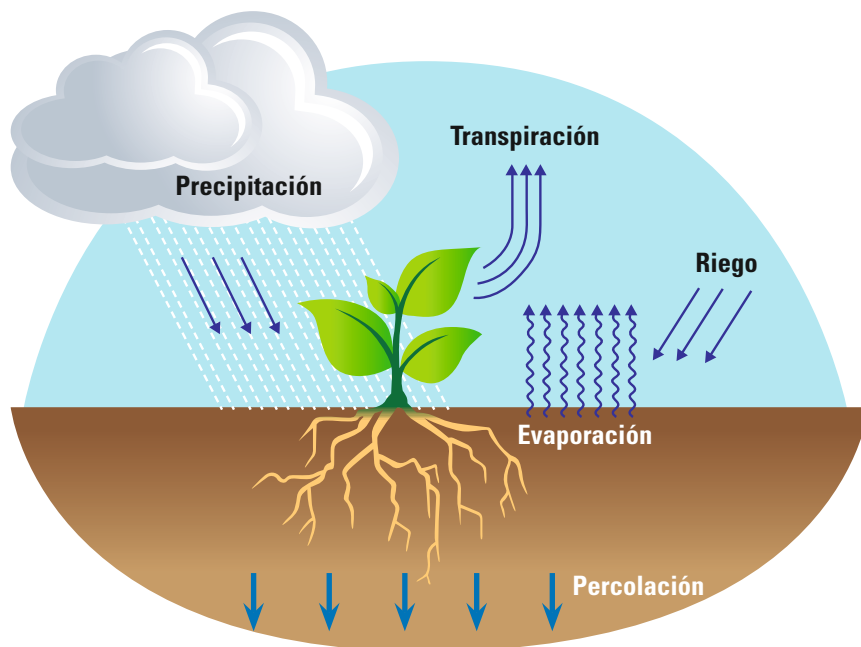
Actualmente existe una gran diversidad de tipos de goteros, que se diferencian entre sí por sus formas, ubicación en el lateral, caudales entregados, presión de trabajo, sensibilidad a las obturaciones y capacidad de mantener caudal constante independiente de la presión (auto-compensados).

Las cintas de riego suministran un caudal a lo largo de su recorrido, por lo que en sus características no se define un caudal por cada salida, sino un caudal por metro lineal de cinta. Funcionan a presiones de 0,6 a 1 bar (un bar equivale a 10 metros de altura de columna de agua), lo que facilita el uso de estanques o acumuladores en altura respecto de la plantación. A su favor tienen el precio, que es generalmente bajo, por lo que las instalaciones de este tipo suelen ser más baratas que las implementadas con goteros. Sin embargo, la duración de las cintas no supera las dos temporadas, en cambio, los goteros pueden durar más de 10 años sin problemas. Bajo un análisis de largo plazo los goteros serían más convenientes.

### CUÁNTO REGAR EL CULTIVO DE PAPAS

La cantidad de agua demandada por la planta de papa determina cuánto regar. En términos simples las estimaciones se basan en un balance hídrico (Figura 56) en el cual las salidas de agua corresponden a la Evapotranspiración del cultivo (evaporación desde el suelo + transpiración de la planta), la escorrentía superficial (al regar por goteo, la escorrentía superficial debería tender a cero) y la percolación, que es el agua que pasa bajo la zona de raíces (30-40 cm para papas) y no puede ser absorbida por la planta. Por otro lado, las entradas son las precipitaciones y el riego, que es el agua complementaria en caso de tener un balance hídrico negativo.





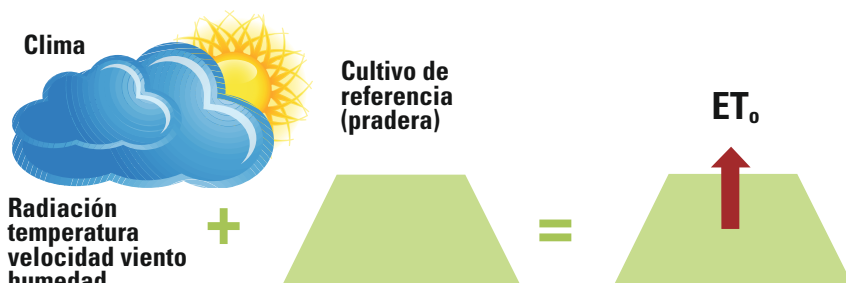
**Figura 56.** Balance hídrico.

Para estimar los requerimientos diarios del cultivo de papa se propone seguir el siguiente procedimiento (Uribe, 2013):

### ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE REFERENCIA

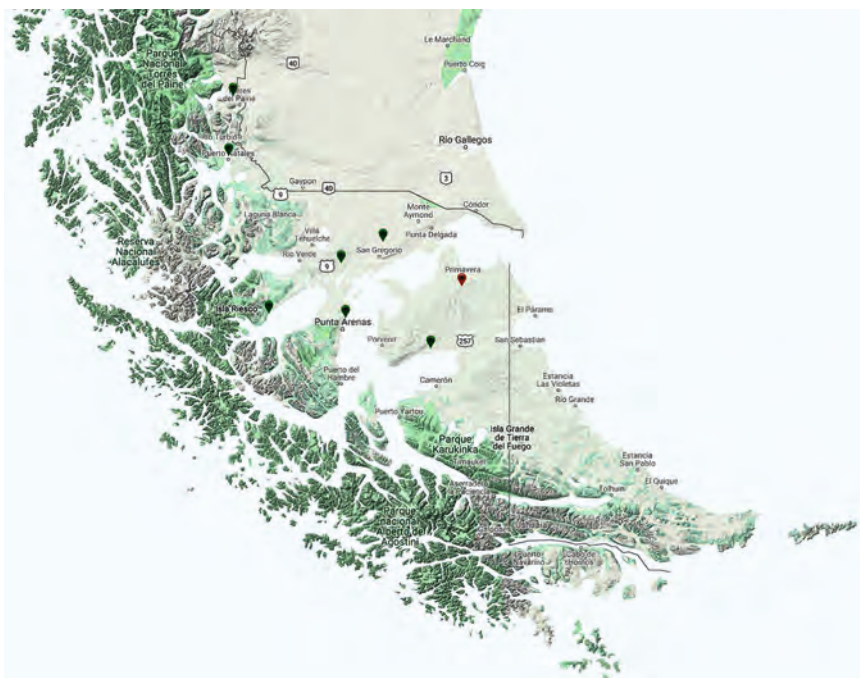
El punto de partida es conocer la evapotranspiración de referencia ( $ETo$ ) que refleja el agua consumida por una pradera en buenas condiciones de abastecimiento hídrico. También se le conoce como evapotranspiración potencial y normalmente se mide en milímetros por día (mm/d), puesto que se trata de una lámina de agua. 1 mm/día es igual a 1 Litro por metro cuadrado.

Existen diversas formas de obtener la  $ETo$ . Hace algunos años se utilizaba una bandeja de evaporación, sin embargo, actualmente dado que se dispone de datos meteorológicos diarios, es posible usar modelos, siendo la ecuación de Penman Monteith la más aceptada (Figura 57). Esta ecuación permite estimar  $ETo$  sobre la base de datos diarios de temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento.



**Figura 57.** Factores que determinan la evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ).

Actualmente existe una red de estaciones agrometeorológicas que miden las variables para estimar  $ET_0$  y también entregan su valor directamente. Se puede acceder a la información en la página web [www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl). En Magallanes existen varias estaciones del INIA (Figura 58) por lo que es posible ingresar a través del computador o celular y obtener el dato de la estación más cercana.



**Figura 58.** Estaciones agrometeorológicas de la región de Magallanes.

## ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO DE PAPA

La Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>), que corresponde al agua requerida por el cultivo, se obtiene a partir de ET<sub>o</sub> y un coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) que depende del cultivo y de su estado de desarrollo fenológico. El cálculo es simple:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

**ET<sub>c</sub>** evapotranspiración del cultivo (mm/d)

**ET<sub>o</sub>** evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d)

**K<sub>c</sub>** Coeficiente de cultivo, de Cuadro 17.

**Cuadro 17.** Coeficientes de cultivo (K<sub>c</sub>) para distintas fases de crecimiento de papa.

| Fase de crecimiento |         |            |       |       |
|---------------------|---------|------------|-------|-------|
| K <sub>c</sub>      | Inicial | Desarrollo | Media | Final |
|                     | 0,50    | 0,83       | 1,15  | 0,75  |

El día 10 de enero de 2018 se obtuvo una evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) de 5,7 mm/día en la Estación Kampenaike. En esa fecha el cultivo se encontraba en etapa de desarrollo, así el K<sub>c</sub>=0,83 (Cuadro 17).

Aplicando la ecuación:

$$ET_c = ET_o * K_c$$

$$ET_c = 5,7 * 0,83 = 4,7 \text{ mm/día}$$

## CORRECCIÓN POR ÁREA SOMBREADA

En riego localizado no se aplica agua a toda la superficie del suelo y si además las plantas no lo cubren completamente queda un porcentaje entre las hileras que no evapotranspira. Esto provoca una reducción de la ET<sub>c</sub>, en función del área sombreada (Figura 59), la que se debe ajustar mediante la aplicación de un factor de cobertura (F<sub>c</sub>), que reduce el valor de ET<sub>c</sub> debido a que parte de la superficie no evapotranspira por no existir agua en el suelo y por no estar cubierto por follaje. Así la ecuación final de ET<sub>c</sub>\* queda:

$$ET_c^* = F_c * ET_o * K_c$$

**F<sub>c</sub>** se puede calcular a partir del área sombreada o porcentaje de cobertura (**P<sub>c</sub>**) (Figura 59) mediante las ecuaciones:

$$P_c = \frac{X}{E_h}$$

$$F_c = 0,92 \times P_c + 0,187$$

Dónde:

**P<sub>c</sub>** porcentaje de cobertura (0 a 1)

**X** área sombreada (m<sup>2</sup>) o ancho de follaje (m)

**E<sub>h</sub>** área total (m<sup>2</sup>) o espaciamiento entre hileras (m)

La ecuación para calcular **F<sub>c</sub>** corresponde a un valor promedio de varias formas de estimación (Aljiburi et al.; Decroix; Hoare et al. y Keller).

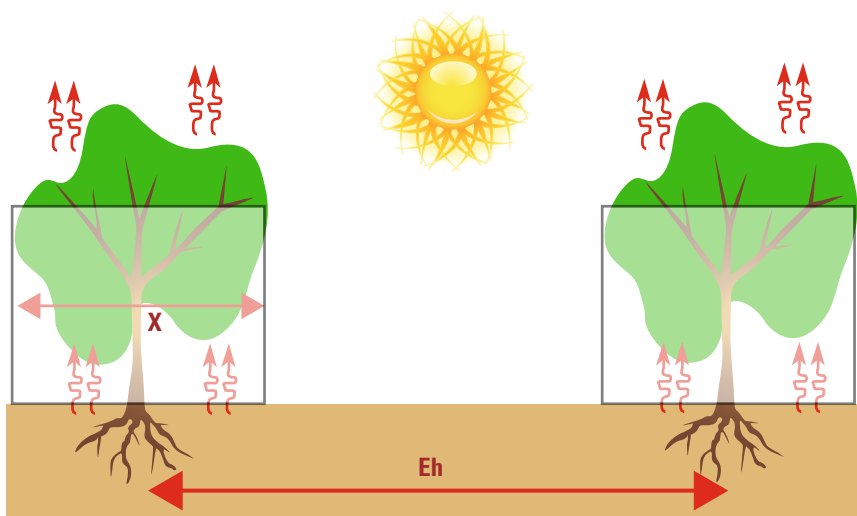


Figura 59. Área sombreada.

Para simplificar los cálculos el Cuadro 18 presenta valores de **F<sub>c</sub>** a partir del espaciamiento (**E<sub>h</sub>**) y el ancho del follaje (**X**).



**Cuadro 18.** Valores de Factor de cobertura ( $F_c$ ) a partir del espaciamiento ( $E_h$ ) y el ancho del follaje ( $X$ ).

| $X$ (cm) | $E_h$ (cm) |     |     |     |     |     |     |
|----------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | 80         | 75  | 70  | 65  | 60  | 55  | 50  |
| 20       | 0,4        | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 |
| 30       | 0,5        | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,7 |
| 40       | 0,6        | 0,7 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 0,9 |
| 50       | 0,8        | 0,8 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,0 |     |
| 60       | 0,9        | 0,9 | 1,0 | 1,0 |     |     |     |
| 70       | 1,0        | 1,0 |     |     |     |     |     |

Continuando con el cálculo de la sección b y considerando que el 10 de enero de 2018 el follaje cubría el 73% de la superficie ( $E_h = 75$ ; cm;  $X = 55$  cm) se obtiene que  $F_c = 0.85$  (Cuadro 18). Así:

$$ET_c^* = F_c * E_{To} * K_c$$

$$ET_c^* = 0.85 * 5,7 * 0,83 = 4 \text{ mm/día}$$

### CÁLCULO DEL VOLUMEN A APLICAR

Hasta aquí se ha trabajado en lámina de agua (mm), sin embargo, el riego se realiza en volumen por unidad de tiempo. Recordar que:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ Litro} / \text{m}^2$$

Conociendo  $ET_c^*$  y un área ( $A$ ) se puede calcular el volumen ( $V$ ):

$$V = ET_c^* * A$$

Notar que el  $ET_c^*$  es una lámina de agua consumida en un tiempo, normalmente un día, de tal forma que el volumen corresponderá al mismo período. El área  $A$  en caso de un cultivo hilerado como la papa, corresponde a:

$$A = E_h * L$$

Dónde:

**Eh**      Espaciamiento entre hilera (m)  
**L**        Largo, considerar 1 m lineal  
**A**        Área (m<sup>2</sup>)

Es decir, A sería equivalente a Eh, si se calcula el requerimiento hídrico por metro lineal.

Continuando con el cálculo para el 10 de enero de 2018, donde:

$$ET_c^* = 4 \text{ mm/día} = 4 \text{ l/m}^2$$

Cuya área corresponde a:

$$A = Eh * L$$

$$A = 0.75 \text{ m} * 1 \text{ m} = 0.75 \text{ m}^2$$

Y el volumen a aplicar es:

$$V = ET_c^* * A$$

$$V = 4 \text{ l/m}^2 * 0.75 \text{ m}^2 = 3 \text{ l (por m lineal)}$$

## CÁLCULO DEL TIEMPO DE RIEGO

El tiempo de riego (TR) es cuántos minutos u horas debe estar regando el sistema para abastecer el volumen V. Puesto que el agua es aplicada mediante emisores, como goteros o cintas u otros, se debe conocer el caudal de los mismos. Es importante medir el caudal de los goteros puesto que no necesariamente es el indicado en los catálogos o documentación del proyecto de riego. Para el aforo de los goteros se puede usar una probeta pequeña (50 cc) y un cronómetro (Figura 60).



**Figura 60.** Medición de caudal de los goteros de la línea de riego con una probeta y cronómetro.

El procedimiento es simple:

$$Q_e = \frac{3,6 + V_p}{t}$$

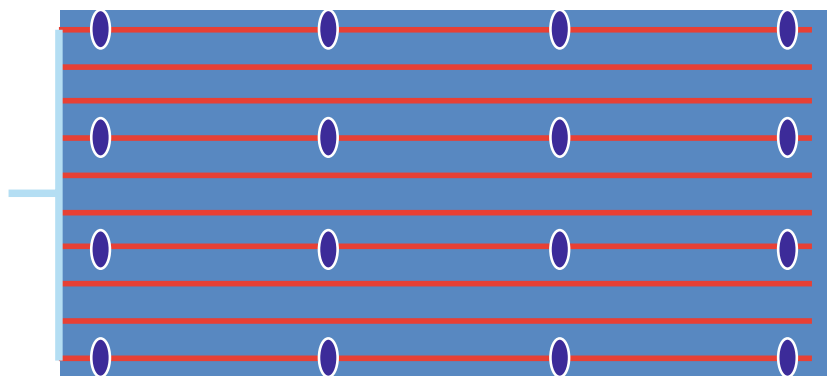
Dónde:

**V<sub>p</sub>** Volumen medido en probeta (cc)

**t** Tiempo (s)

**Q<sub>e</sub>** Caudal del emisor (L/h)

Estas mediciones se deben realizar en 16 puntos de un sector de riego, tratando de acercarse a lo indicado en la Figura 61:



**Figura 61.** Puntos donde medir caudal de los emisores en un sector de riego.

Una vez conocido el caudal del emisor ( $Q_e$ ) se puede proceder a calcular el tiempo de riego ( $TR$ ).

Para calcular el  $TR$  se debe definir el área  $A$ , (la misma usada para calcular el  $V$  en la sección d). El área  $A$  tiene asociado un número de emisores que dependerá del espaciamiento de los goteros en la línea de riego y de cuantas líneas por hilera se usan.

$$TR = \frac{V}{E_f * n * Q_e}$$

Dónde:

|           |                                                |
|-----------|------------------------------------------------|
| <b>V</b>  | Volumen a regar (l/d)                          |
| <b>Ef</b> | Eficiencia de riego (0 a 1, para goteo es 0,9) |
| <b>n</b>  | Número de emisores en el área A                |
| <b>Qe</b> | Caudal del emisor (l/h)                        |

Todo método de riego tiene pérdidas, es decir no es 100% eficiente, por ello se debe regar más agua de la requerida por la planta para compensar las pérdidas y asegurar que el agua disponible sea la adecuada. El riego por goteo es uno de los más eficientes, con Ef igual a 90%.

Para completar el cálculo del riego para el 1° de enero de 2018 consideremos que se regó con 1 línea de goteros de 2 l/h espaciados a 30 cm en cada hilera.

¿Cuántos emisores riegan 1 m lineal de hilera (n) de papas?

$$N = 1 / 0,3 = 3,33 \text{ goteros por metro lineal}$$

Así, el tiempo de riego es:

$$TR = \frac{V}{Ef * n * Qe}$$

$$TR = \frac{3}{0,9 * 3,33 * 2} = 0,5 \text{ h}$$

## CUÁNDO REGAR EL CULTIVO DE PAPAS

En producción de papas con riego localizado, normalmente se riega una vez al día; sin embargo, en caso de suelos arcillosos, se recomienda regar cada 2 o incluso 3 días. Cuando las demandas son bajas también se podría regar cada 2 días. Por el contrario, en suelos arenosos, debido a su baja capacidad de retención de humedad, puede ser necesario regar más de una vez al día.

Este punto tiene relación con la capacidad del suelo de almacenar agua útil para el cultivo, lo que técnicamente se conoce como humedad aprovechable



(HA) y además con la aptitud de las plantas para soportar una reducción de humedad sin verse afectadas, lo que en términos cuantitativos se expresa mediante el Criterio de Riego (CR) que corresponde al porcentaje que se puede reducir la humedad, respecto a la HA. En general, para muchos cultivos se sugiere un valor de cincuenta por ciento ( $CR = 0,5$ ), mientras que para las papas se recomienda CR del treinta por ciento ( $CR = 0,3$ ), reflejando su alta sensibilidad al déficit de agua. De hecho, es el cultivo con CR más bajo, es decir más sensible. Por otro lado, otros cultivos tienen valores de  $CR = 0,6$  indicando que soportan de mejor manera un estrés hídrico. Para efectos ilustrativos, y para fortalecer la idea de la importancia del manejo de riego en las papas se presentan valores de CR y profundidad de raíces de cultivos (Cuadro 19).

**Cuadro 19.** Criterios de riego (CR) y profundidad radical efectiva para diferentes cultivos. Fuente: Centro del Agua 2012.

| Cultivo    | CR   | PR (cm) | Cultivo            | CR   | PR (cm) |
|------------|------|---------|--------------------|------|---------|
| Ají        | 0.5  | 60      | Lechugas           | 0.40 | 60      |
| Ajo        | 0.5  | 60      | Maíz               | 0.65 | 120     |
| Alcachofa  | 0.50 | 100     | Manzanos           | 0.65 | 180     |
| Alfalfa    | 0.65 | 180     | Melón              | 0.5  | 90      |
| Arveja     | 0.6  | 60      | Menta              | 0.35 | 60      |
| Brócoli    | 0.5  | 60      | Papas              | 0.30 | 60      |
| Cebolla    | 0.50 | 60      | Perales y ciruelos | 0.65 | 180     |
| Coliflor   | 0.5  | 60      | Pimiento           | 0.5  | 60      |
| Damascos   | 0.65 | 180     | Repollo            | 0.5  | 60      |
| Duraznos   | 0.65 | 180     | Sandía             | 0.5  | 120     |
| Espárragos | 0.5  | 180     | Trigo invierno     | 0.65 | 100     |
| Empastadas | 0.65 | 60      | Trigo primavera    | 0.65 | 90      |
| Frejol     | 0.50 | 90      | Vid                | 0.65 | 180     |
| Frutilla   | 0.5  | 60      | Zanahoria          | 0.5  | 90      |
| Habas      | 0.6  | 80      | Zapallo            | 0.5  | 120     |

La HA depende de la textura del suelo y se mide en mm de lámina de agua por metro de suelo. El Cuadro 20 (Antúñez, A.; Informativo INIA 22) presenta algunos valores típicos de HA, sin embargo, lo más recomendable es mandar a hacer estudios de física de suelos en laboratorio.

**Cuadro 20.** Humedad Aprovechable (HA) según Textura del suelo (Antúnez).

| Textura               | HA (mm/m) |
|-----------------------|-----------|
| Arenas gruesa         | 20-65     |
| Franco arenoso        | 90-130    |
| Franco arcillo limoso | 130-160   |
| Arcilloso             | 110-150   |

Notar que la HA se mide por metro de profundidad de suelo y la papa es un cultivo caracterizado por tener raíces superficiales, con profundidad efectiva (raíces útiles) de 30 a 50 cm, lo que limita la zona de acumulación de agua.

Como muchos cultivos, la papa presenta un periodo crítico en que no debe faltar el agua, que va desde la floración a la cosecha, especialmente a inicios de la formación del tubérculo.

## LITERATURA CONSULTADA

Antúnez, A. Informativo INIA Rayentue N° 22. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Centro del Agua. 2012. Boletín Técnico N°1, Necesidades de agua de los cultivos. Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, Universidad de Concepción, Chillán, Chile.

Comisión Nacional de Riego, 2015. Guía Metodológica: Formulación y Evaluación de Proyectos postulados a la ley 18.450. Julio, 2015.

FAO, 2006. Evapotranspiración de Cultivo: Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 56, 2006.

ODEPA, 2018. Boletín de la papa. Información de mercado nacional y comercio exterior hasta febrero de 2018. Marzo 2018.

Uribe, Hamil. Riego en Frutilla. Undurraga, P. y Vargas, S. (Eds). 2013. Manual de Frutilla. Boletín INIA N° 262. 112 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional De Investigación Quilamapu, Chillan, Chile.



## Capítulo X

### Principales insectos-plaga asociados al cultivo de papas en Magallanes

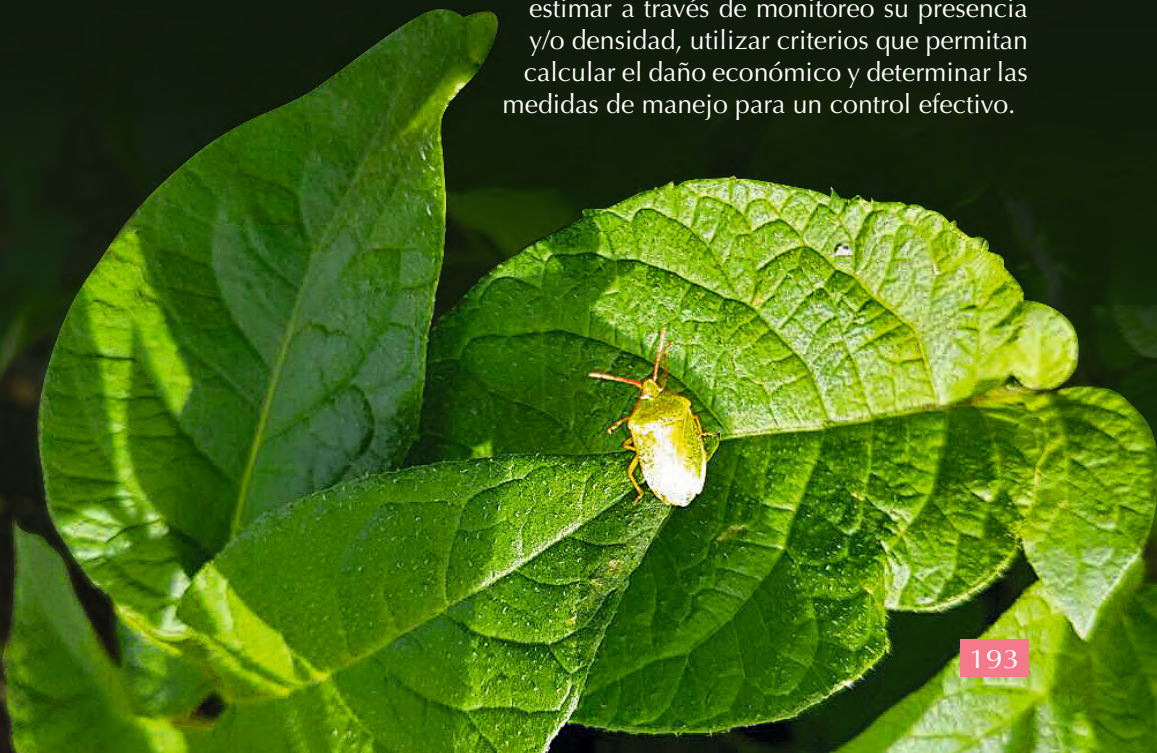
#### Autor:

Ernesto Cisternas A.  
Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
INIA La Cruz

### INTRODUCCIÓN

**E**l cultivo de la papa en el extremo sur de Chile presenta un número bajo de especies de insectos plaga asociados al cultivo y cuya importancia económica no ha sido dimensionada. Las especies más relevantes son aquellas que transmiten virosis como los pulgones y aquellas especies que dañan el follaje y tubérculo como los gusanos cortadores, curculiónidos y cuncunillas.

Actualmente el manejo de estos insectos no ha sido necesario, principalmente por su baja incidencia en el cultivo. Sin embargo, para un manejo sustentable de las plagas en el cultivo, es preciso identificar correctamente la especie, estimar a través de monitoreo su presencia y/o densidad, utilizar criterios que permitan calcular el daño económico y determinar las medidas de manejo para un control efectivo.





## PULGONES

### *Aphididae*

Los pulgones, agrupan como familia a solo tres especies, todas succionadoras de savia y de metamorfosis incompleta (huevo, ninfa y adulto). Importante es la capacidad de transmitir virus. Los pulgones pueden presentar formas aladas y sin alas, estas últimas predominan en el cultivo. Los pulgones alados se posan sobre el haz de las hojas al aterrizar y emprender vuelo, pero las colonias se desarrollan en el envés de las hojas (Figura 62).



**Figura 62.** Posición de pulgones en follaje. Aterrizaje de pulgón en el haz (Izq.). Localización del alado en el envés (Cent.). Establecimiento de una colonia de ninfas (Der.).

Los pulgones o áfidos, son insectos que, por su tamaño y coloración, muchas veces pasan desapercibidos, principalmente cuando inician temprano en la temporada la colonización de las plantas. La llegada de los pulgones al cultivo es a través de las formas aladas que migran desde plantas voluntarias de papa o desde otras especies vegetales donde pasan el invierno. Los pulgones alados vuelan desde una planta a otra, siendo la conducta de vuelo influenciada por diversos factores ambientales, tales como el fotoperiodo, viento y temperatura, los cuales determinan los patrones de dispersión de ellos. Posterior a la colonización de los pulgones alados (Figura 62), se encuentran grandes cantidades de pulgones ápteros (sin alas), succionando savia principalmente desde las hojas y en menor medida desde los tallos. Las diferentes especies conforman ensambles de gran importancia para el cultivo de la papa, ya que son vectores de virus. Se ha determinado que existen sobre diez virus y strains (variantes de ellos) (PLRV, PVY (PVYO, PVYN, PVYC), PVA, PVS, PVM, PAMV (PVF, PVG) y AMV) que afectan a la papa, y que son transmitidos por pulgones. Las principales especies determinadas en el extremo sur de Chile, que infestan el cultivo se presentan en el Cuadro 21.

**Cuadro 21.** Principales especies determinadas en plantas de papa en el extremo sur de Chile.

| NOMBRE CIENTÍFICO                      | NOMBRE COMÚN               |
|----------------------------------------|----------------------------|
| <i>Myzus persicae</i> (Sulzer)         | Pulgón verde del duraznero |
| <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) | Pulgón de la papa          |

## PULGÓN VERDE DEL DURAZNERO

### *Myzus persicae* Sulzer

En papa, preferentemente se ubica en las hojas basales. Mide entre 1,5 a 2,5 mm de largo y presenta formas ápteras (sin alas) y aladas (Figura 63. Izq.).

La forma áptera tiene un cuerpo ovoide, siendo regularmente de color verde claro, y algunas veces puede ser levemente rosado. La forma alada presenta la cabeza y tórax de color pardo y negro. El abdomen puede ser verde, levemente rosado e incluso algo rojo opaco y tiene un parche negro. Es altamente polífago, entre sus hospederos se encuentran la alfalfa, almendro, arveja, berenjena, ciruelo, coliflor, duraznero, espárrago, poroto, lechuga, limonero, maravilla, papa, pepino dulce, pimentón, raps, remolacha, repollo, tabaco, tomate, tréboles, zapallo. Su distribución es cosmopolita, y en Chile, se encuentra entre las regiones de Arica a Magallanes e Isla de Pascua.

## PULGÓN DE LA PAPA

### *Macrosiphum euphorbiae* Thomas

Esta especie se puede encontrar en los distintos estratos de la planta de papa. Mide entre 2,5 a 4,0 mm de largo y presenta formas aladas y ápteras (Figura 63. Der.).

El cuerpo es alargado de color verde claro, pudiendo ser amarillo o incluso rosado. Es polífago, entre sus hospederos se encuentran la alcachofa, alcayota, arándano, arveja, berenjena, espárrago, frejol, haba, kiwi, lechuga, limonero, maíz, naranjo, papa, pepino ensalada, pepino dulce, pimentón, pistacho, remolacha, repollo, tomate, trébol, tulipa, zapallo. Su distribución es cosmopolita y en Chile se le encuentra entre las regiones de Arica a Magallanes.



Figura 63. Pulgones en papa. *Myzus persicae* (Izq.). *Macrosiphum euphorbiae* (Der.).

## CICLO DE VIDA

Los pulgones pueden tener ciclos completos, es decir ciclos con formas sexuales y huevos (holocíclicas), y especies con ciclos que no producen formas sexuales y huevos denominadas anholocíclicas.

La hembra que emerge de un huevo invernante en la primavera es la fundadora, siendo normalmente áptera, que por partenogénesis dará origen a hembras aladas o ápteras llamadas fundatrices. Dichas fundatrices cuando son aladas son conocidas como migrantes, que se reproducen por partenogénesis desde la primavera al otoño.

Con regularidad a la generación alada le siguen varias generaciones ápteras, produciéndose formas aladas en verano como respuesta a las altas densidades/hoja y condición insatisfactoria de la planta. Como respuesta a las longitudes de día corto se producen sexuparas que dan origen a machos y hembras.

La temperatura es el factor más importante que influye sobre el desarrollo de una generación y en el incremento de las poblaciones. Los pulgones mudan cuatro veces antes de alcanzar el estado adulto y con ello el estado reproductivo.

## BIOLOGÍA Y DESARROLLO ESTACIONAL

En regiones de climas fríos que, impiden la reproducción continua de los áfidos en el campo, los pulgones invernán como huevo, producto de la reproducción sexual. Los huevos son depositados en un hospedero

“primario”, el cual generalmente es leñoso variando según la especie de pulgón. En Chile, en las regiones productoras de papa más frías desde La Araucanía al sur, no se ha determinado la existencia de huevos invernales de las especies de áfidos descritas.

En las áreas de clima templado, los áfidos que atacan papa se reproducen por partenogénesis durante todo el año, alternando entre diferentes hospederos, tanto plantas de cultivos como malezas. Los áfidos alados que primero colonizan a la papa provienen de otras plantas hospederas, avanzando en el campo en dirección del viento e infectando primero las plantas de los bordes. Se han reportado migraciones del pulgón verde del duraznero de 1.600 km y a altitudes de hasta 3.000 m.s.n.m.

En las regiones del extremo sur se desconoce la actividad de individuos alados. Los áfidos alados aterrizan al azar en sus hospederos, alimentándose por tiempos breves, permaneciendo allí solo si reciben el estímulo alimenticio apropiado. Cuando el hospedero encontrado es aceptable, los inmigrantes se establecen y se reproducen. La descendencia es áptera con una pequeña porción de individuos alados, que van aumentando en cada generación. A medida que el hospedero se deteriora, se produce una mayor cantidad de alados emigrantes, los que vuelan a otros hospederos secundarios.

En el verano, la temperatura y el estado nutricional del hospedero definen la ocurrencia o no de generaciones aladas; altas temperaturas inhiben la producción de alados. En otoño, cuando el largo del día disminuye, se desencadena la producción de emigrantes.

### DAÑO E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los pulgones pueden dañar directamente a las plantas de papa, principalmente cuando las infestaciones son severas, produciendo una senectud prematura, debilitamiento y marchitez y, en casos extremos, la muerte de plantas. Los daños indirectos radican en su capacidad de ser vectores de virus, siendo las enfermedades virosas el principal problema que causan los pulgones y que son relevantes para los semilleros de papa. Al menos diez virus que atacan papa son transmitidos por áfidos.

### MONITOREO

Las poblaciones de pulgones pueden ser monitoreadas a través de trampas amarillas de agua y trampas amarillas pegajosas, que detectan los vuelos



de dispersión tempranamente, hasta una semana antes de la detección por inspección y recuentos visuales del follaje.

Examinar 50 hojas compuestas, tomadas de 50 plantas distintas en grupos de 5 hojas recogidas desde 10 hileras totalmente al azar. Se debe contar y registrar el número de alados y ninfas, calculando el promedio de las 50 hojas.

El pulgón del duraznero es más probable encontrarlo en las hojas basales y senescentes; el pulgón de la papa y de las solanáceas se ubica de preferencia en la parte superior de la planta.

El monitoreo debe realizarse semanalmente durante el desarrollo del cultivo. La captura de 10 áfidos / trampa / semana, debería ser una alerta para los agricultores ante la decisión de controlar.

### MÉTODOS DE CONTROL

En Chile no existen umbrales establecidos para realizar aplicaciones de control, ya que los pulgones raramente causan daño económico en cultivos comerciales.

En caso de producción de semilla es necesario establecer un sistema de control preventivo cada dos o tres semanas.

#### Control cultural

Tienen por objetivo disminuir la plaga y por lo tanto la transmisión de las enfermedades virosas. Las prácticas culturales de mayor importancia son: uso de semilla certificada libre de virus, eliminación de plantas voluntarias o papas “huachas”, control de malezas hospederas. En el cultivo, está la eliminación de plantas infectadas, secar el follaje anticipadamente y cosechar en forma temprana.

#### Control natural y biológico

La tasa de crecimiento de los pulgones puede ser dramáticamente disminuida en ocasiones por sus enemigos naturales. (Avispitas y Chinitas). Generalmente las poblaciones de pulgones son mantenidas bajas por la acción de insectos “benéficos” u otros organismos que los depredan o parasitan. Entre ellos se encuentran parasitoides (avispitas), hongos (Entomopatógenos), insectos depredadores (Coccinelidos, mosquitas, chinches) (Figura 64).



**Figura 64.** Enemigos naturales de pulgones. Depredador (Izq.). Parasitoide (Cent.). Entomopatógeno (Der.)

## Control Químico

Es un control rápido y efectivo mediante el uso de productos insecticidas. Sin embargo, es importante evitar el uso repetido de insecticidas de amplio espectro, porque no sólo controlan áfidos, sino que también a sus enemigos naturales. De igual forma, al utilizar productos que actúen por contacto es importante usar volúmenes adecuados de agua para asegurar un buen cubrimiento.

## CHINCHES

### *Pentatomidae*

Los chinches, al igual que los pulgones, agrupan como familia solo tres especies, todas succionadoras de savia y de metamorfosis incompleta (huevo, ninfa y adulto). Importante es la capacidad que tienen los chinches de inyectar toxinas. Los chinches pueden presentar formas aladas y sin alas, estas últimas predominan en el cultivo. Los chinches usualmente se alimentan en el haz de las hojas, brotes tiernos y semillas, succionando savia, reduciendo clorofila y causando daños mecánicos en las estructuras donde se alimentan. La principal especie determinada en plantas de papa, en Magallanes, se presenta a continuación.

## CHINCHE VERDE

### *Nezara viridula* L.

Los adultos vuelan y presentan dimorfismo sexual (las hembras son de mayor tamaño que los machos) y tienen una forma ligeramente convexa en el dorso, de largo variable entre 11 y 15 mm y ancho entre 8 y 9 mm.

Su color es verde, variable en tonalidades, desde verde esmeralda hasta castaño verdoso. La cabeza es pequeña y de forma triangular, finamente granulada. El tórax es dos veces más ancho que largo. Los bordes presentan una leve tonalidad amarilla. Las patas son verdes y blanco brillante. Las alas cubren la totalidad del abdomen salvo levemente los costados. El abdomen presenta aberturas glandulares y espiráculos de color negro (Figura 65).



**Figura 65.** *Nezara viridula*. Adulto (Izq.). Ninfas del chinche verde (Der.)

Es un insecto cosmopolita, que en Chile se distribuye entre las regiones de Arica y Parinacota a Magallanes y Rapa Nui. Se encuentra en cultivos tales como: alfalfa, arveja, cerezo, ciruelo, damasco, duraznero, frejol, haba, higuerilla, lechuga, limonero, manzano, naranjo, papa, peral, pomelo, trébol blanco, trébol rosado y vid.

## BIOLOGÍA Y DESARROLLO ESTACIONAL

Los huevos son cilíndricos (1,2 x 0,8 mm), amarillos y opérculo (“tapadera” que se abre cuando eclosionan) de color blanco cuando están recién ovipuestos, tornándose anaranjados y opérculo rosado en la medida que se aproxima la eclosión de la ninfa.

Son ovipuestos en grupos compactos de 50 a 100 huevos, pegados entre sí, en el envés de las hojas. Las ninfas pasan por cinco estadios diferenciables según su tamaño, forma, coloración y patrón de manchas. Las ninfas N1 no se alimentan y permanecen sobre el corion del huevo. Las ninfas N2 comienzan a alimentarse dirigiéndose a las estructuras reproductivas de su hospedero (semillas y frutos) y en menor medida a sus órganos vegetativos, permaneciendo agregadas hasta N4. Posterior a ello se inicia la dispersión. La ninfa N5 es verde con bordes rojizos o rosados, con pequeñas manchas

negras en el dorso del tórax y en el abdomen presenta placas rojizas rodeadas de manchas blancas.

En climas templados y estacionales el ciclo de vida pasa por una diapausa reproductiva invernal (estado fisiológico de inactividad). En otoño, cuando las temperaturas comienzan a bajar, los adultos comienzan a volar fuera de los cultivos y se refugian bajo las cortezas y al interior de árboles y bajo la hojarasca y troncos. Temperaturas bajo 25°C y fotoperiodo menor a 12 hr promueven la diapausa, periodo en el cual los adultos no se alimentan. Luego de transcurridos varios meses, los chinches abandonan sus refugios invernales reiniciando su alimentación y reproducción con el aumento de la temperatura y fotoperiodo.

### DAÑO E IMPORTANCIA ECONÓMICA

El chinche verde en la papa extrae savia directamente del sistema vascular de los folíolos, pecíolos y a veces de los tallos y principalmente de los frutos. En el proceso de alimentación, el insecto inyecta una toxina presente en su saliva, la que afecta el proceso de fotosíntesis. El primer síntoma que aparece es una coloración blanquecina en las estructuras donde se alimenta. No se ha determinado su importancia económica.

### MONITOREO

Para su detección utilizar red entomológica. Por lo general las ninfas se encuentran en el haz y envés de las hojas de la parte media y alta de la planta y en conformaciones de alta agregación en el cultivo.

### MÉTODOS DE CONTROL

En Chile no existen umbrales para realizar aplicaciones de control de chinches, ya que estos por lo general no causan daño económico en cultivos comerciales de papa.

#### **Control Natural**

Los enemigos naturales pueden predar y parasitar a los chinches, reduciendo naturalmente la población, es muy común observar un control natural



satisfactorio. En Chile se ha identificado a la mosca Tachinido (*Ectophasiopsis arcuata*) parásitoide de adultos.

### GUSANO ALAMBRE

*Medonia deromecoides* Schwartz; *Grammophorus niger* Solier; *Cosmesis* sp.

Los adultos son de color negro con fina pubescencia (vellosidades) gris, miden de 8 a 12 mm. El protórax es algo más largo que ancho, finamente punteado. Los élitros (alas anteriores) son del mismo ancho que el protórax. La larva, conocida como gusano alambre, es alargada y cilíndrica de hasta 1,4 cm de largo (Figura 66).



**Figura 66.** Estados de gusanos alambre. Adulto (A). Larva (B). Pupa (C). Daño en papa (D).

Las especies de elatéridos que atacan a la papa en el extremo sur de Chile son nativas, distribuyéndose entre las regiones de Coquimbo y Magallanes. Todas ellas son altamente polífagas, alimentándose de un amplio rango de plantas cultivadas y malezas.

### BIOLOGÍA Y DESARROLLO ESTACIONAL

La biología de las especies de elatéridos chilenos se desconoce. Habitualmente los adultos son activos en el período primavera – verano y en el otoño e invierno se refugian bajo la corteza o de hojas secas. En primavera las hembras ponen huevos en el suelo, de los cuales emergen las larvas que se alimentan de raíces y dañan a los tubérculos de papa (Artigas, 1994). Los ciclos biológicos pueden ser largos, pero en la mayoría de las especies el ciclo es anual.

En la X Región, el movimiento de las larvas en el perfil del suelo de *Medonia deromecoides*, es ascendente en los meses de julio a septiembre, ubicándose cerca de la superficie o sobre ella. A medida que aumenta la temperatura se entierran a unos 10 cm, donde permanecen hasta marzo. Luego se inicia un movimiento ascendente hasta la superficie del suelo alcanzando los 3 y 4 cm, profundidad donde también se localiza el estado de pupa. Durante la primavera y verano se observa el estado de adulto en vuelo y en otoño e invierno se encuentran bajo el suelo, cortezas de árboles y restos vegetales.

### DAÑO E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los daños causados en la planta por el gusano alambre puede presentarse en los tubérculos semilla recién plantados (los cuales son destruidos por las larvas), en raíces y raicillas de las plantas y en tubérculos ubicados bajo el suelo, en los que se produce una red de galerías que afecta su valor comercial. En otros casos afectan el vigor de las plantas al dañar los tejidos conductores.

El factor más importante asociado con el ataque de gusanos alambre en papas es la rotación cultural. Los ataques son mayores cuando se cultiva papa después de hospederos favorables como las praderas. En el sur de Chile se han encontrado mayores poblaciones en suelos con praderas naturalizadas que en suelos sometidos a cultivos o en barbecho.

El momento de la plantación de papas es un factor importante en el ataque; las plantaciones tempranas son más atacadas que las tardías. En suelos secos existe mayor ataque, pues cuando el suelo se seca, los gusanos alambres buscan la humedad de las plantas de papa, aumentando de esta manera el daño.

### MONITOREO

Instalar cebos vegetales bajo el suelo (15 a 30 cm), (trozos de zanahoria, papa o también granos en mezcla maíz / trigo), envueltos en una malla que permita la entrada de los insectos. 6 a 12 cebos /5 ha. Si se encuentra más de dos cebos con gusanos alambre se debe tomar medidas de manejo.

## MÉTODOS DE CONTROL

### Control Cultural

Cultivos escardados, en vez de pradera, o barbechos de verano previos al cultivo de papa tienden a reducir las poblaciones. Preparaciones de suelo a fines de primavera llevan a las pupas a la superficie, donde quedan expuestas a la deshidratación y al ataque de predadores (aves, carábidos). Una cosecha temprana en verano, antes del movimiento ascendente de las larvas, reduce los daños. La inundación del terreno favorece la acción de hongos entomopatógenos sobre los distintos estados de desarrollo.

### Control Químico

El control químico debe implementarse antes de la plantación, incorporando los productos con el último rastraje o bien a la siembra.

## GUSANO BLANCO DEL FREJOL

*Naupactus leucoloma* Boheman

Los adultos miden de 1 a 1,5 cm. Son de color gris con finos pelos blancos y de ojos con forma elíptica. El protórax es más ancho que largo. A lo largo del pronoto (placa exoesquelética dorsal) presenta dos líneas gruesas, paralelas de escamas blancas. La larva, de color blanco cremoso, sin patas, mide de 1 a 1,5 cm de largo. La cabeza es castaño claro y retraída en el cuerpo. Las mandíbulas son negras proyectadas hacia adelante (Figura 67). Los huevos son de color blanco y forma ovalada.



**Figura 67.** *Naupactus leucoloma*. Adulto (Izq.). Larva (Cent.). Daño en tubérculo de papa (Der.)

Su origen es el cono sur de Sudamérica. En Chile se encuentra entre las regiones de Arica y Parinacota a Los Lagos e Isla de Pascua. Es muy polífago, alimentándose de más de 200 especies de plantas. Entre sus principales hospederos se encuentran: alfalfa, arándano, avena, frejol, frutilla, lenteja, limonero, papa, remolacha. Trébol blanco, trébol rosado, trébol, etcétera.

### BIOLOGÍA Y DESARROLLO ESTACIONAL

Las hembras depositan huevos en grupos de 20 a 60 directamente en el suelo o en troncos, donde los adhiere con un pegamento. Se estima que tiene un ciclo de uno a dos años. Las hembras adultas viven varios meses colocando alrededor de mil huevos. En la zona centro sur, los adultos emergen entre noviembre y febrero, pero esporádicamente se les puede encontrar todo el año.

### DAÑO E IMPORTANCIA ECONÓMICA

Se han observado ataques con daños por larvas de hasta un 50% de los tubérculos, en sectores costeros de la región de La Araucanía (Toltén), afectando la comercialización de las papas. Estos niveles de ataques se presentan cuando la plantación se ha establecido sobre praderas naturales degradadas y/o donde ha existido alfalfa u otra leguminosa como cultivo anterior y, en estas condiciones, se ha realizado una escasa e inoportuna preparación de suelo.

### MANEJO

Si el suelo presenta alta infestación de larvas, se debe realizar una rotación diferente, estableciendo gramíneas (avena/ballicas) y luego papa. Las densidades también se pueden disminuir haciendo preparaciones de suelo óptimas en labores y época y de esta forma exponer las larvas a los predadores (pájaros). El uso de insecticidas deben ser justificados y estar registrados para el cultivo.



## GUSANOS CORTADORES

*Feltia malefida* Guenée; *Peridroma clerica* Butler; *Peridroma saucia* Hübn.

Los adultos son polillas nocturnas de cuerpo robusto, las cuales son atraídas fuertemente por la luz. Sus alas anteriores grises a marrón con máculas características a cada especie. Las hembras pueden oviponer grandes cantidades de huevos (1.000 a 2.000). Los huevos son esféricos a ligeramente cónicos, estriados y aplanados en la zona inferior en contacto con la planta o suelo, ellos son blanco crema y, a medida que maduran, se tornan oscuros y/o aparecen manchas que forman un aro. El diámetro aproximado es de 0,5 mm. Luego de 20 a 30 días eclosionan de los huevos larvas L1 (1 mm), de color crema y cabeza café a casi negra y abundantes setas, posteriormente pasan por seis estadios hasta alcanzar 5 a 6 cm. La pupa es del tipo obtecta y puede medir entre 1,8 y 2,2 cm de largo, su coloración es rojiza hasta pardo oscuro próximo a la emergencia del adulto (Figura 68).



**Figura 68.** Gusanos Cortadores. Adulto (Izq.). Larva (Cent.). Pupa (Der.).

En el extremo sur de Chile se presentan tres especies asociadas al cultivo de la papa, aunque ellas se distribuyen desde la zona central e incluso ***P. saucia*** desde Arica y Parinacota. Estas especies son muy polífagas, alimentándose de un gran número de plantas cultivadas, entre sus principales hospederos se encuentran: Alcachofa, alfalfa, apio, arveja, betarraga, cebolla, col, espárrago, frejol, frutilla, haba, lechuga, maíz, papa, remolacha, repollo, tabaco, tomate, trébol blanco, trébol subterráneo, trébol rosado, zanahoria, zapallo. También se les encuentra asociadas a varias especies consideradas malezas.

## BIOLOGÍA Y DESARROLLO ESTACIONAL

Las polillas son activas en la noche, cuando se alimentan en las flores y aparean, luego comienzan a poner sus huevos en las hojas, brotes y tallos y también en la superficie del suelo. Luego de algunos días y dependiendo de las temperaturas eclosionan de los huevos larvas L1 que se alimentan del follaje. Hasta L3 las larvas son de hábitos diurnos y luego, en los restantes tres estadios, ellos se entierran bajo los primeros centímetros del suelo, saliendo a alimentarse durante la noche, pudiendo alimentarse no solo del follaje sino que también de los tubérculos. Al terminar su crecimiento y desarrollo larval, el insecto deja de alimentarse y ocurre la pupación bajo el suelo que no excede los 10 cm de profundidad. Estos insectos pueden pasar el invierno bajo el suelo como estado de pupa o larva.

## DAÑO E IMPORTANCIA ECONÓMICA

La incidencia de estos insectos será muy variable dependiendo de la localidad, época de plantación, cultivo anterior, calidad de la aporca y el efecto de las condiciones climáticas de la temporada sobre la plaga y sus enemigos naturales. Serán condiciones predisponentes el grado de infestación de malezas antes de la plantación, suelos húmedos y ricos en materia orgánica y por supuesto primaveras húmedas. El mayor daño lo causan a los tubérculos, siendo solo importantes el follaje y brotes al inicio de la plantación cuando emergen los brotes del suelo.

## MANEJO

El monitoreo de la plaga es relevante antes de la plantación y después de la preparación del suelo. Para estimar la presencia y abundancia de gusanos cortadores se distribuyen trozos de papa sobre el suelo cubriéndolos con ramas que eviten la depredación de las aves. Durante la mañana del día siguiente se cuentan las larvas, removiendo el suelo de alrededor de las papa cebo.

Posteriormente en el cultivo se puede monitorear en cinco estaciones 20 plantas, revisando el follaje y suelo alrededor de las plantas.

## MÉTODOS DE CONTROL

### Control Cultural

El ataque de estos gusanos se ve favorecido cuando el cultivo anterior ha sido una pradera, por lo que una buena preparación de suelo será fundamental para bajar las grandes poblaciones.

### Control Natural y Biológico

Estos insectos son controlados muy eficientemente por parasitoides (Tachinidae y Ichneumonidae), predadores y enfermedades.

### Control Químico

Cuando se aplican insecticidas al suelo antes de la plantación, el ataque y daños son escasos. Cuando se presentan ataque durante el cultivo la aplicación de insecticidas será eficaz solo si se aplican temprano en la mañana y/o en la noche, cuando las larvas se encuentran sobre el suelo. La aplicación de cebos tóxicos (insecticida + afrecho + azúcar), serán más efectivos si no hay formación de tubérculos.



## LITERATURA CONSULTADA

Angulo, A.;C. Jana-Sáenz; L. Parra y E. Castillo. 1990. Lista de lepidópteros noctuidos asociados a algunos cultivos en Chile (Lepidóptera: Noctuidae). Status sistemático actual. Gayana Zool. 54(1-2): 51-61.

Artigas, J. 1994. Entomología Económica. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción. Chile Tomo 2 : 496 – 499.

Cisternas, E.; Rojas, E.; Villagra, M y Andrade, J. 2015. Principales pulgones asociados al cultivo de la papa en el sur de Chile. Informativo INIA Remehue. N° 144. 4p.

González, R. H. 1989. Insectos y ácaros de importancia agrícola y cuarentenaria en Chile. Universidad de Chile. 310 p.

Larraín, P.; Kalazich, J.; Carrillo, R. y Cisternas, E. 2003. Plagas de la papa y su manejo. Colección Libros INIA N° 9. 110p.

Prado, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín Técnico N° 160. 207 p.

Trujillo, D. 1971. Correlación éntrela actividad (periodo e intensidad de vuelo) de algunas especies de áfidos y la dispersión del “virus Y de la papa” (*Solanum tuberosum* L.). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. 63 p.







## Capítulo XI

### El nemátodo, quiste de la papa una plaga cuarentenaria presente en Magallanes

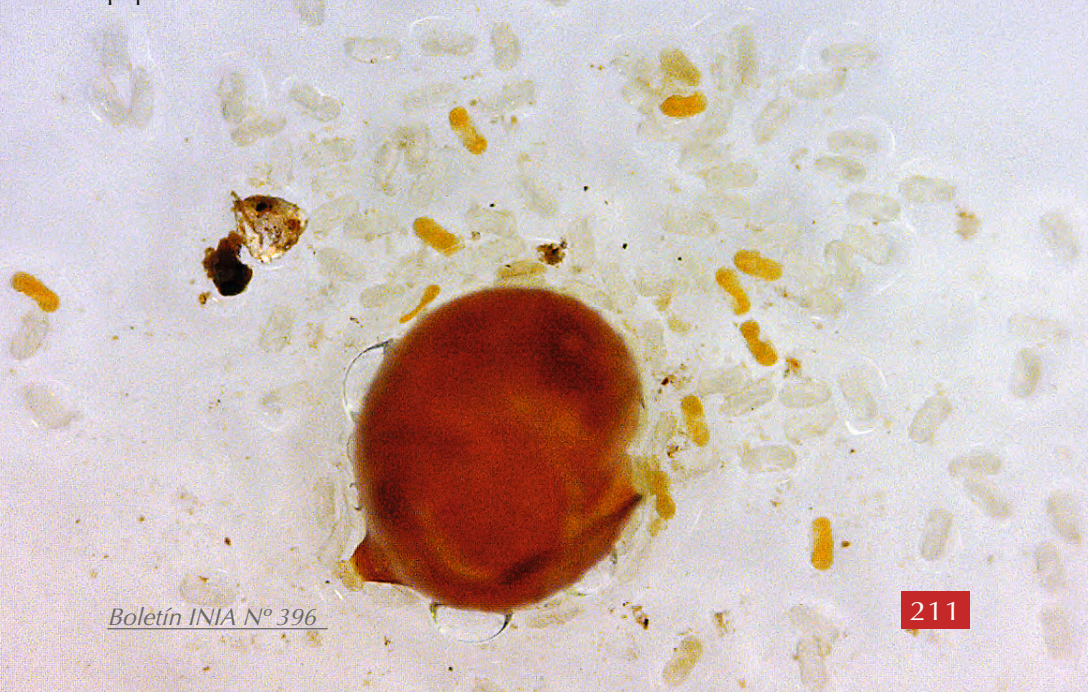
#### Autores:

Andrés France I.  
Ingeniero Agrónomo M.S.c., Ph.D.  
INIA Quilamapu

Carolla Martínez A.  
Ingeniero Agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

**E**l nemátodo pálido o *Globodera pallida*, es un fitoparásito que se caracteriza por afectar al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*) y formar quistes que le dan ventajas competitivas para sobrevivir largos periodos bajo condiciones adversas. Este nemátodo junto con la especie hermana *Globodera rostochiensis*, conocido como el nemátodo dorado, están consideradas entre las plagas más severas que atacan al cultivo de la papa a nivel mundial.



A pesar que ambas especies de *Globodera* pueden afectar especies vegetales dentro de la familia Solanaceae, como tomate y berenjena, el mayor daño se produce en el cultivo de la papa, el cual puede llegar a ser completamente improductivo cuando no hay control.

## ORIGEN E INGRESO DE LA PLAGA A MAGALLANES

El origen más probable de la especie *Globodera pallida* corresponde a un área cercana al Lago Titicaca (Picard *et al.*, 2007). A partir de esta zona, las migraciones trasladaron tubérculos de papa que han permitido la dispersión de *G. pallida* alrededor del mundo, llegando a infectar hoy en día más de 50 países y las principales áreas de cultivo (EPPO, 2000). Actualmente se encuentra en toda Europa, India, África del Norte, Nueva Zelanda, Norte América, América Central y Sudamérica, incluyendo las islas Falkland y el extremo sur de Chile (Grenier *et al.*, 2010).

Durante la temporada 1999-2000 es detectada por primera vez en pequeños cultivos de papas ubicados en la Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Desde la primera detección de la plaga y a través de las prospecciones ejecutadas por el SAG, se establecieron 25 focos de *Globodera pallida*, correspondiendo al área infestada las Provincias de Magallanes, comuna de Punta Arenas, y la Provincia de Tierra del Fuego, comunas de Porvenir, Timaukel y Primavera.

El año 2010 el SAG hizo una nueva prospección que abarcó gran parte de la superficie dedicada a este cultivo en Magallanes, con resultados positivos a la presencia del nemátodo en 113 focos: 47 predios en la provincia de Magallanes, 45 predios en la provincia de Última Esperanza y 21 predios en Tierra del Fuego. Ante esta situación y, considerando el progresivo y rápido aumento de esta plaga, el SAG emitió una resolución para estos 113 sitios infectados, en que se prohibió la siembra de papa por un plazo de ocho años, como primera medida para evitar su diseminación. Sin embargo, la amenaza de dispersión de la plaga está latente y las medidas restrictivas que pueda imponer el SAG no son suficientes, si los agricultores de Magallanes no cooperan en restringir el movimiento de papas semilla, herramientas y maquinarias contaminadas con suelo proveniente de los predios infectados.

El detalle actual de suelos infectados por nemátodo *Globodera pallida*, se presenta en el Cuadro 22.

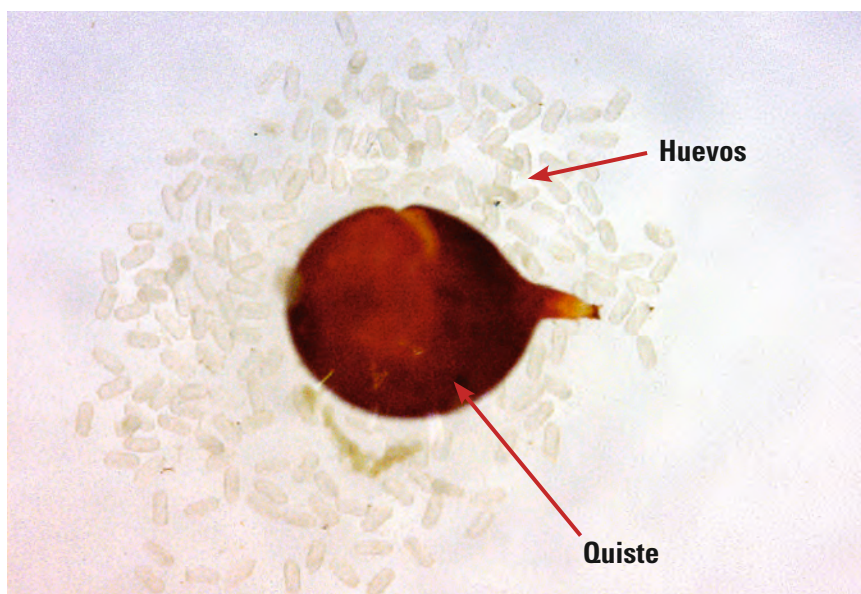
**Cuadro 22.** Numero de predios infectados por *G. pallida* en la región de Magallanes. SAG, 2017.

| Nº de predios infectados | Provincia        | Comuna              | Superficie (ha) |
|--------------------------|------------------|---------------------|-----------------|
| 100                      | Magallanes       | Punta Arenas        | 17,47           |
| 42                       | Ultima Esperanza | Puerto Natales      | 1,30            |
| 27                       | Tierra del Fuego | Porvenir / Timaukel | 3,60            |
| Total regional           |                  |                     | 22,37           |

## CICLO DE VIDA

*Globodera pallida* posee seis estadios de desarrollo, los que corresponden a huevo, cuatro estadios juveniles (J1, J2, J3 y J4) y el adulto.

Los huevos de este nemátodo se encuentran protegidos dentro de los quistes (Figura 69) y pueden permanecer por muchos años sin eclosionar, hasta el momento en que se recibe el estímulo de exudados de raíces de papas, los que permiten la emergencia del segundo estadio juvenil (J2) que será el que busca y penetra las raíces de papa.

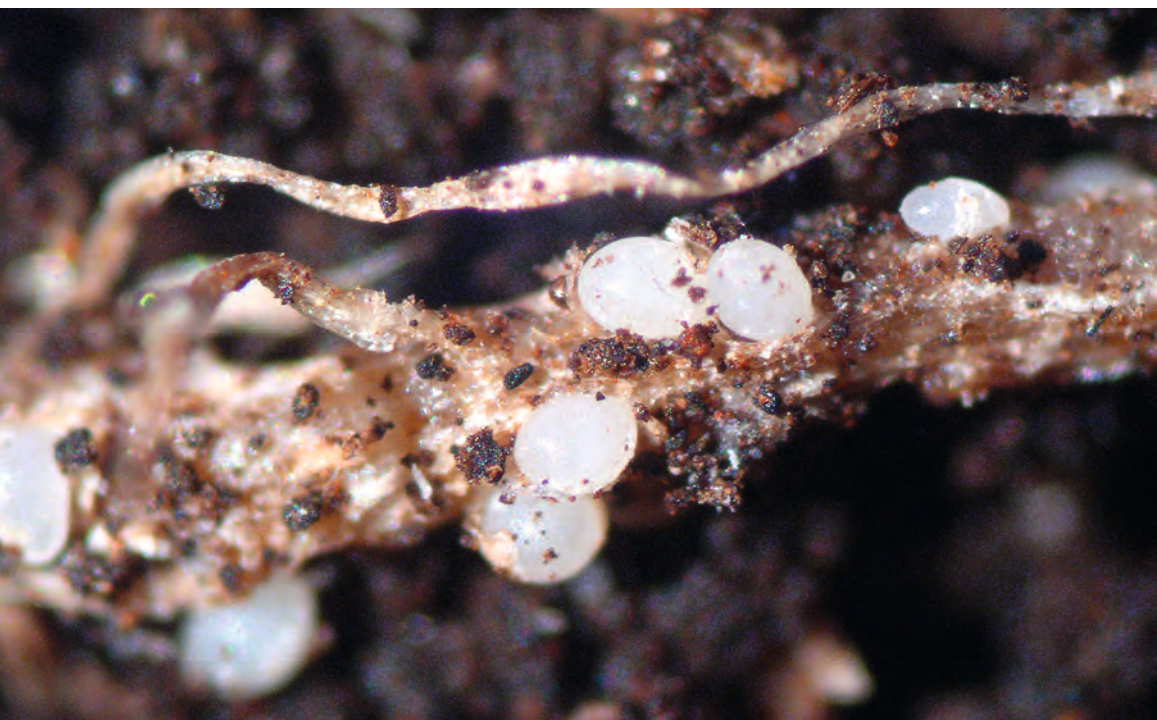


**Figura 69.** Quiste de *Globodera pallida* intervenido para observar los huevos contenidos en su interior. Fotografía: Andrés France y Carolla Martínez. Punta Arenas, 2015.



Una vez dentro de las raíces, los J2 se alimentan de unas pocas células que transforman en células gigantes, llamadas Sincitio o sitio de alimentación, debido a compuestos hormonales que secreta el nemátodo y que producen importantes cambios estructurales y metabólicos en el huésped (Siddique y Grundler, 2018). Los sincitios actúan como cisternas que acumulan grandes cantidades de nutrientes que permiten alimentar y desarrollar a juveniles de tercer y cuarto estadio (J3 y J4) (Abad y Williamson, 2010).

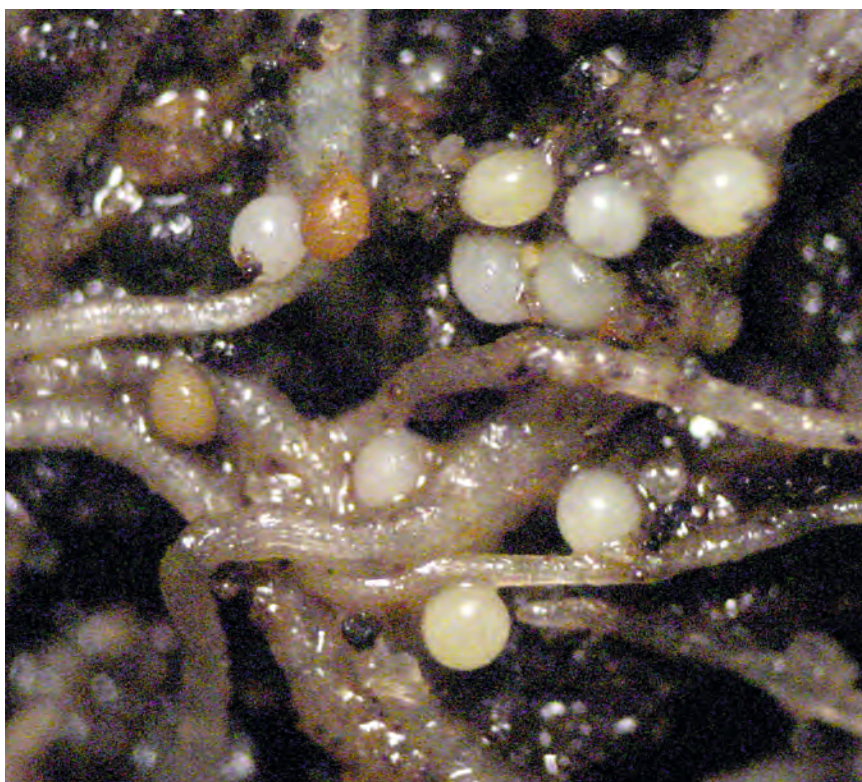
La última muda del J4 termina en la formación del adulto, el que posee un marcado dimorfismo sexual. Los machos maduros tienen formas de vermes (formas de gusanos), son móviles y abandonan la raíz para buscar las hembras y aparearse. Mientras que las hembras son inmóviles, se quedan insertas en el tejido radicular y luego de ser fecundadas crecen hasta adquirir formas subesféricas o piriformes (como la forma de una pera) (Figura 70). Las hembras fecundadas aumentan de tamaño, miden entre 0,5 y 0,8 mm de longitud y se llenan con hasta 500 huevos en su interior (Figura 69).



**Figura 70.** Hembra inmóvil, fecundada, con forma subesférica, inserta en tejido radicular de planta de papa. Fotografía: Andrés France y Carolla Martínez. Punta Arenas, 2015.

La cutícula de la hembra fecundada, madura y se endurece, transformándose en quiste (Figura 71), el que permanecerá en el suelo después que haya muerto la raíz y se transformarán en un medio de protección de los huevos. Los huevos conservarán su viabilidad dentro del quiste, incluso en ausencia del hospedero, por más de 20 años a la espera de un nuevo cultivo de papa que estimule su eclosión (Figura 72).

La velocidad de multiplicación y proporción de sexos son influenciados por la densidad de la población de nemátodos y por las características del hospedero; a mayor disponibilidad de alimento mayor será la tasa de multiplicación, con lo cual pueden dominar en pocas generaciones un suelo dedicado al cultivo de papas (Stone 1973, Mai *et al.*, 1980; Smith *et al.*, 1997; Devine y Jones, 2003).



**Figura 71.** Quistes maduros (color marrón) e inmaduros (color blanco) de *Globodera pallida* presentes en raíces de papas. Fotografía: Andrés France y Carolla Martínez. Punta Arenas, 2015.

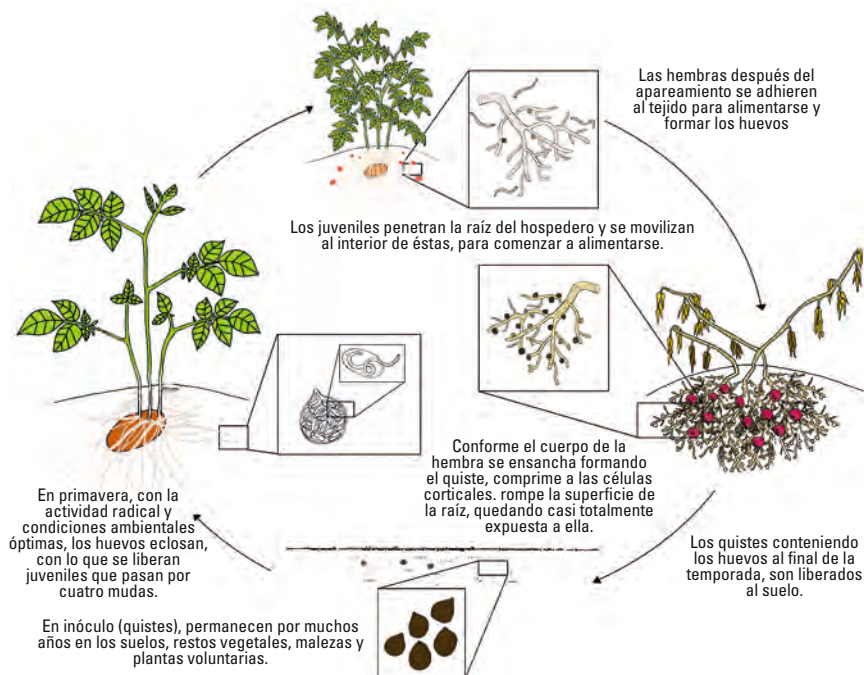


Figura 72. Ciclo de *Globodera* spp. Fuente: INIA Remehue. [www.manualinia.papachile.cl](http://www.manualinia.papachile.cl)

## EPIDEMIOLOGIA

En general, los nemátodos quistes prosperan en suelos con temperaturas frescas, alcanzando daños de importancia económica en los lugares de clima frío. Los juveniles se vuelven activos a partir de los 10°C y la máxima invasión de raíces se produce a 16°C. Temperaturas de suelo mayores a 25°C y por períodos prolongados limitan el desarrollo de estos nemátodos y reducen su proporción. **Sin embargo, hay que considerar que las poblaciones existentes en Magallanes se encuentran adaptadas a temperaturas menores a las descritas para la especie, de lo contrario no se explicaría las grandes poblaciones de quistes que se encuentran en las raíces de papas en la región.** En general, se considera que las condiciones ambientales que aseguran el éxito de un cultivo comercial de papa, proporcionan también las condiciones óptimas para la multiplicación y supervivencia de *G. pallida*, lo cual está asegurado en Magallanes.

La detección de los primeros nemátodos en una zona libre de *G. pallida* demora varios años, y normalmente corresponde a la población de daño

económico, que es de 1 a 2 huevos/g de suelo, cuando los síntomas aéreos se hacen evidentes. Una vez que se logran establecer en un lugar determinado, es imposible lograr su erradicación, aún con la tecnología más moderna (Bridge y Starr, 2007), por consiguiente, se debe convivir con la plaga y minimizar su diseminación.

## DISEMINACIÓN

La diseminación natural dentro del suelo de los estadíos juveniles es relativamente baja y se limita a la cercanía de las raíces infectadas de la planta hospedera.

En periodos de lluvia y de inundación de suelo, los quistes pueden flotar y ser trasladados aguas abajo hasta nuevos suelos, mientras que la diseminación a larga distancia ocurre con el traslado de tubérculos infectados de la papa para ser usada como semilla. Otras formas comunes de diseminación son contenedores, herramientas, equipos de labranza y maquinaria agrícola contaminada con suelo en el cual existen estos nemátodos. Sin embargo, la forma más importante de dispersión de *Globodera* ha sido el movimiento de semilla tubérculo de papa (Smith *et al.*, 1997).

La capacidad de los quistes de resistir periodos prolongados de desecación, ha facilitado su dispersión local y mundial, probablemente viajando con el suelo adherido a los tubérculos de papa (Evans *et al.*, 1993). De allí la importancia de controlar la presión de dispersión desde las fuentes de origen, **que en el caso de Magallanes puede producirse con el intercambio o movimiento de los agricultores paperos y sus productos agrícolas hacia otras zonas de la región o dentro del país.**

## IMPORTANCIA ECONÓMICA

Los nemátodos del quiste de la papa son considerados como la plaga más importante del cultivo en las áreas de clima frío y templado. El efecto sobre el rendimiento varía de acuerdo a la densidad de nemátodos presentes en el suelo, aproximadamente 2 t/ha de papa se pierden por cada 20 huevos/g de suelo. Las pérdidas de rendimiento pueden llegar al 80% cuando la población de nemátodos alcanza niveles altos en el suelo y no se realiza rotación de cultivos (Smith *et al.*, 1997). Existen numerosos registros en Europa que relacionan las poblaciones de huevos o quistes en el suelo con las disminuciones de rendimiento y, en general, a mayores poblaciones



mayor es la pérdida, hasta alcanzar máximos que varían entre 70 a 80%, pero que nunca llegan a la pérdida total debido a la capacidad que tiene la especie de regular su fertilidad ante excesos de población.

**Niveles de pérdida de rendimiento debido a *G. pallida* en la Región de Magallanes, se han calculado a partir de un predio altamente infestado en la Comuna de Porvenir, donde se detectaron sobre 440 huevos y juveniles/g de suelo y una pérdida estimada de 87,5% en relación a un cultivo sano (SAG, 2001).** Además, se debe considerar que una planta afectada por *G. pallida* está predispuesta a ser colonizada por otros patógenos del suelo, como por ejemplo la interacción *Globodera* - *Verticillium* o *Globodera* - *Ralstonia solanacearum*, con lo cual los daños se pueden incrementar aún más.

A pesar de lo anterior, uno de los principales riesgos de la plaga no está solamente en la severa reducción del rendimiento del cultivo de papa, sino que además en la posibilidad de desplazarse hacia áreas libres de nemátodo pálido, como podría ser el archipiélago de Chiloé (lugar de diversidad para la especie *Solanum tuberosum*), debido al intercambio y traslado de papas entre Magallanes y dicha región, lo cual pone en riesgo a una de las mayores fuentes genéticas de papa y patrimonio mundial de biodiversidad.

## MANEJO Y CONTROL

El manejo de *G. pallida* está basado en la prevención, siendo la mejor medida las cuarentenas y una legislación estricta sobre el movimiento de productos comercializados que pueden tener relación con los nemátodos. Sin embargo, lo anterior tiene como desventajas el alto costo que significa un sistema permanente de inspección y los escapes que se producen en forma voluntaria o involuntariamente. Una vez establecida la plaga se puede hacer uso de los nematicidas, pero tiene un alto costo y producen una indeseable contaminación del ambiente, además que no siempre resultan ser efectivos contra esta especie. Sin embargo, se utiliza ampliamente en Europa a través del uso de fumigantes de preplantación, como son el 1,3 dicloropropano y el metam sodio (Bridge y Starr, 2007).

Respecto al control mediante rotación de cultivos, en que plantas no huéspedes son utilizadas para romper el ciclo de nemátodo, podría tener una gran factibilidad de uso, dado que *Globodera pallida* tiene sólo a la papa, berenjena y tomate como sus huéspedes, sin embargo los quistes

pueden persistir en el suelo más de 20 años, lo que dificulta la rotación. Lo recomendable es tener al menos 7 años sin estos cultivos, lo cual no siempre se puede lograr o no resulta económico, sobre todo en lugares donde se necesitan altos rendimientos de alimentos por unidad de superficie. Lo anterior se puede complementar con el uso de cultivares de papa resistentes, que permiten la eclosión de los huevos, pero los nemátodos tienen problemas para reproducirse en forma normal en sus raíces.

El uso de variedades resistentes ha demostrado ser el medio más económico para el manejo de nemátodos, incluyendo a *Globodera* spp. Sin embargo, existen pocas variedades que sean resistentes a *G. pallida* y a la vez comerciales (Grenier *et al.*, 2010). El desarrollo de variedades resistentes requiere conocer la variabilidad genética del nemátodo y de su origen geográfico, de manera de utilizar aquellos genes de resistencia provenientes de clones silvestres y con los cuales el nemátodo ha co-evolucionado. Otra de las dificultades de la resistencia contra *G. pallida* es la existencia de diferentes poblaciones o subgrupos dentro de la especie, las que tienen un comportamiento diferente frente a los clones resistentes (Mugniéry *et al.*, 2001). En general, la resistencia para los nemátodos no es durable debido a la presión de selección que produce un cultivar resistente, que incide en un aumento de la virulencia por parte del nemátodo (Schouten y Beniers, 1997). Las estrategias de prevención y uso de clones resistentes requieren de la identificación correcta y rápida de *G. pallida*, la que hoy en día se realiza a través de la morfología y los métodos moleculares (Sudha, *et al.* 2016).

El control biológico es otra estrategia que se utiliza con relativo éxito en el control de nemátodos y en particular de los que producen quistes, como *Globodera pallida*. Diferentes especies de hongos nematófagos (hongos que atacan nemátodos) han sido evaluados, como *Paecilomyces lilacinus*, *Plectosphaerella cucumerina* y *Pochonia chlamydosporia* para el control de nemátodos quistes de la papa y con resultados promisorios. En general, *P. lilacinus* es considerado como el hongo más efectivo y de mayor uso para control biológico, dado que en aquellos suelos donde está presente, las poblaciones de nemátodos quistes tienden a declinar (Atkins *et al.*, 2005).

El uso de materia orgánica es otra herramienta efectiva para disminuir las poblaciones de nemátodos indeseables. Existe una gran variedad de enmiendas orgánicas que se pueden considerar, como guano de aves y otros animales, compost, residuos de plantas con propiedades nematicidas, algas, o subproductos de la agroindustria ricos en proteínas. La supresión

de nemátodos por esta práctica se debe al efecto individual o combinado de la liberación de compuestos nematocidas en estas materias orgánicas, producción de amonio y ácidos grasos durante la fermentación, aumento o introducción de microorganismos antagónicos, incremento de la tolerancia de la planta producto del estímulo de la materia orgánica o cambios en el suelo que no permiten la proliferación de los nemátodos (Martín *et al.*, 2007; Oka, 2010). Una de las mejores enmiendas son los derivados o cultivos de brásicas, las que liberan compuestos tipo glucosinatos que tienen propiedades nematocidas (Fourier, *et al.* 2016), sin embargo, esta práctica tiene el inconveniente de inmovilizar el suelo por una temporada mientras se realiza el cultivo limpiador.

Una de las enmiendas orgánicas que tiene un alto potencial para la zona de Magallanes es la quitina, la cual se obtiene del caparazón de las centollas y centollones, las que normalmente se descartan como desechos que terminan contaminando. Cuando se agrega quitina al suelo se produce un aumento de enzimas quitinolíticas que degradan este polisacárido, si esto se combina con hongos nematófagos se facilita en gran medida el desarrollo de micosis en los huevos, lo cual tiene usos prácticos en nemátodos productores de quistes (Palma *et al.*, 2010).

A pesar de las medidas de manejo y control, la total eliminación de los nemátodos del suelo desde campos afectados es casi imposible, por la capacidad de persistencia en ausencia del huésped. Por consiguiente, la mejor estrategia es el uso de manejo integrado, compatibilizando varias medidas que en su conjunto lleven a mantener un nivel de nemátodos, bajo el umbral económico.

En consecuencia, con la presencia de *G. pallida* en la Región de Magallanes se hace imprescindible controlar el movimiento de papas semilla y mantener protegidas las áreas libres de nemátodos quistes de la papa, mediante acciones cuarentenarias e implementando medidas de control en los lugares infectados, que permitan un control integrado de *G. pallida*, con el objeto de obtener una disminución de la plaga a niveles de convivencia económica, evitando además la dispersión hacia las áreas libres de nemátodos.

## LITERATURA CITADA

- Abad, P. and V. M. Williamson. 2010. Plant nematode interaction: A sophisticated dialogue. *Advances in Botanical Research* 53:147-192.
- Atkins, S. D., I.M. Clark, S. Pande, P.R. Hirsch and B.R. Kerry. 2005. The use of real-time PCR and species-specific primers for the identification and monitoring of *Paecilomyces lilacinus*. *FEMS Microbiology Ecology* 51(2):257-264.
- Bridge. J. and J. Starr. 2007. Plant nematodes of agricultural importance. Academic Press, Burlington, MA, USA. 152 p.
- EPPO. 2000. European and Mediterranean Plant Protection Organization. EPPO. Plant Quarantine Retrieval System. PQR. Version (3.10).
- Devine, K.J. and P.W. Jones. 2003. Comparison of the production and mobility of the potato cyst nematodes, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida* hatching factors within a field planted with a host potato crop. *Nematology* 5:219-225.
- Evans, K. et al. (editores). 1993. Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. CAB International, Wallingford, Oxon, UK. 648 pp.
- Fourie, H., P. Ahuja, J. Lammers and M. Daneel. 2016. Brassicacea-based management strategies as an alternative to combat nematode pests: A synopsis. *Crop Protection* 80: 21-41.
- Grenier, E., Fournet, S., Petit, E. and Anthoine, G. 2010. A cyst nematode 'species factory' called the Andes. *Nematology* 12:163-169.
- Mai, W.F., Brodie, B.B., Harrison, M.B, Jatala, P. 1980. Nemátodo de la pudrición de la papa. Compendio de enfermedades de la papa. pp. 131-134. Centro Internacional de la Papa. W.J.Hooker editor. Con autorización de The American Phytopathological Society. USA.
- Martin, T., S. Turner and C. Fleming. 2007. Management of the potato cyst nematode (*Globodera pallida*) with bio-fumigants/stimulants. *Communication of Agricultural Applied Biological Science* 72(3):671-5.



Mugniéry, D., D. Fouville, J.P. Dantec, R. Pellé, F. Rouselle-Bourgeois and D. Ellisséche. 2001. Résistance á *Globodera pallida* Pa2/3 chez *Solanum sparsipilum*. Nematology 3:619-626.

Oka, Y. 2010. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - A review. Applied Soil Ecology 44(2):101-115.

Palma, J., S. Gómez, V.E. Tikhonov, J. Salinas, H.B. Jansson and L.V. López. 2010. Comparative analysis of extracellular proteins from *Pochonia chlamydosporia* grown with chitosan or chitin as main carbon and nitrogen sources. Enzyme and Microbial Technology 46(7):568-574.

Picard, D., Sempere, T. and Plantard, O. 2007. A northward colonisation of the Andes by the potato cyst nematode during geological times suggests multiple host-shifts from wild to cultivated potatoes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 42:308-316.

Schouten, H.J. and J.E. Beniers. 1997. Durability of Resistance to *Globodera pallida* I. Changes in pathogenicity, virulence, and aggressiveness during reproduction on partially resistant potato cultivars. *Phytopathology* 87(8):862-867.

Siddique, S. and F. Grundler. 2018. Parasitic nematodes manipulate plant development to establish feeding sites. *Current Opinion in Microbiology* 46: 102-108.

Smith, I.M., McNamara, D.G., Scott, P.R., Holderness, M. 1997. *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida* Data Sheets on Quarantine Pests. pp. 601-606. En: Quarantine Pest for Europe. second ed. CAB International & EPPO.UK 1425 p.

Stone, A.R. 1973. *Heterodera rostochiensis*. C.I.H. Descriptions of Plant Parasitic Nematodes. Set 2, N° 16. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB Internacional), Wallingford, UK.

Sudha, R., E.P. Venkatasalam, A. Bairwa, V. Bhardwaj, Daluma and R. Sharma. 2016. Identification of potato cyst nematode resistant genotypes using molecular markers. *Scientia Horticulturae* 198:21–26.

## Capítulo XII

### Enfermedades del cultivo de papa presentes en Magallanes

#### Autor:

Ivette Acuña B.  
Ingeniero Agrónomo Ph.D.  
INIA Remehue

### INTRODUCCIÓN

La papa es el tercer cultivo en importancia a nivel nacional. Se siembran anualmente 49.840 hectáreas con papas (2014/15 a 2017/18), de las cuales el 61%, 30.620 hectáreas, están en el área libre de enfermedades cuarentenarias, que comprende la provincia de Arauco en la región del Biobío y las regiones de La Araucanía, Los Lagos, Los Ríos, Aisén y Magallanes. La producción nacional promedio de las últimas cuatro temporadas es de 1.184.091 toneladas, de las cuales el 70% se produce en el área libre, es decir 834.723 toneladas.

Un importante número de agricultores cultiva papa, siendo la mayor parte de ellos pequeños agricultores. La papa constituye un cultivo tradicional para los sistemas productivos del sur y sur-austral de Chile. De esta forma, este cultivo tiene una importancia económica, social y cultural para las familias campesinas.



Para la Región de Magallanes, aunque no cuenta con una gran superficie de papa cultivada, la producción local es estratégica como seguridad alimentaria. Adicionalmente, dado sus características geográficas y climáticas, no presenta grandes problemas de enfermedades endémicas o típicas del cultivo, excepto la presencia de Nemátodo pálido. Se asume que los principales problemas sanitarios están dados por el uso de tubérculo semilla de mala calidad que se importa a la zona.

Durante la temporada 2014-15, se realizó una prospección para determinar los principales problemas sanitarios que presentaba el cultivo en la Región de Magallanes. Se tomaron muestras, se procesaron y se analizaron en el laboratorio de INIA Remehue (Figura 73).

**Los principales problemas sanitarios encontrados fueron Rizoctoniasis, Fusariosis, Pudriciones blandas y pie negro, Sarna común y Virosis.**

A continuación, se describen los principales problemas encontrados y su manejo.



**Figura 73.** Prospección sanitaria del cultivo de papa en la Región de Magallanes en la temporada 2014-15.

## ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS

### RIZOCTONIASIS

**Agente causal:** *Rhizoctonia solani* Kühn

Rizoctoniasis es una enfermedad seria en el cultivo de la papa y está presente en muchas áreas productoras del cultivo. Esta enfermedad producida por el hongo *Rhizoctonia solani*, afecta el desarrollo de la papa desde la emergencia hasta la cosecha. Bajo condiciones frías y húmedas después de la plantación, *Rhizoctonia* puede afectar la emergencia y el desarrollo de la planta. Rizoctoniasis puede afectar significativamente el rendimiento comercial, porque las plantas infectadas tienden a producir una gran cantidad de tubérculos deformes, con protuberancias y partiduras. Esto último, además, los hace más susceptibles a daños mecánicos. También, la formación de esclerocios en la superficie de los tubérculos afecta la apariencia y calidad del tubérculo. El hongo sobrevive en el suelo como micelio en tejido en descomposición y como esclerocio en la superficie de tubérculos o en suelo.

### SÍNTOMAS

Cuando se forman canchros en los órganos subterráneos de plantas adultas, la parte aérea se debilita y la planta, en algunos casos, presenta una pigmentación púrpura y clorosis de hojas basales.

Las lesiones características producidas en los tallos son canchros de color café a negro con hendiduras (Figura 75 y Figura 74. Sup. Der.). Estos canchros pueden continuar creciendo y llegar a estrangular los tallos en plantas nuevas. Infecciones más tardías producirán canchros en los tallos principales, induciendo la formación de tubérculos aéreos (Figura 74. Sup. Cent.), hojas amarillas y enroscadas. Estas lesiones se pueden presentar en la parte del tallo que se encuentra a nivel de suelo o debajo de este nivel. En algunos casos se puede producir una capa de micelio blanco en la base del tallo (Figura 74. Sup. Izq.).

En tubérculos el síntoma más conocido de la Rizoctoniasis es la presencia de corpúsculos negros, que son esclerocios sobre la superficie del tubérculo (Figura 74. Inf. Izq.). Estos esclerocios pueden variar en tamaño desde muy pequeños, planos, como punteado negro, hasta grandes masas irregulares que cubren una gran parte del tubérculo. En general estos esclerocios son



de color oscuro o negros, duros y de tamaño y forma irregular. También los tubérculos pueden presentar grietas, malformaciones, concavidades y necrosis. Muchas veces los esclerocios pueden ser confundidos con restos de tierra, sin embargo, al lavar los tubérculos los esclerocios no se desprenden.

El hongo causa lesiones en la punta de los brotes (Figura 74. Inf. Cent.), lo que puede retrasar o simplemente impedir la emergencia de estos. La enfermedad causa más daño temprano en la primavera, donde los brotes bajo el suelo se necrosan y mueren antes de emerger. Los brotes secundarios que se desarrollan luego, son menos vigorosos, emergiendo tardíamente y produciendo una población de plantas menos homogénea.

En los estolones se observan lesiones similares a las producidas en tallos, canchros café a negro con hendiduras (Figura 74. Inf. Der.). En este caso las lesiones también pueden llegar a estrangular los estolones. Infecciones tempranas de los estolones provocan la no formación de tubérculos o afectan la formación de tubérculos en crecimiento.



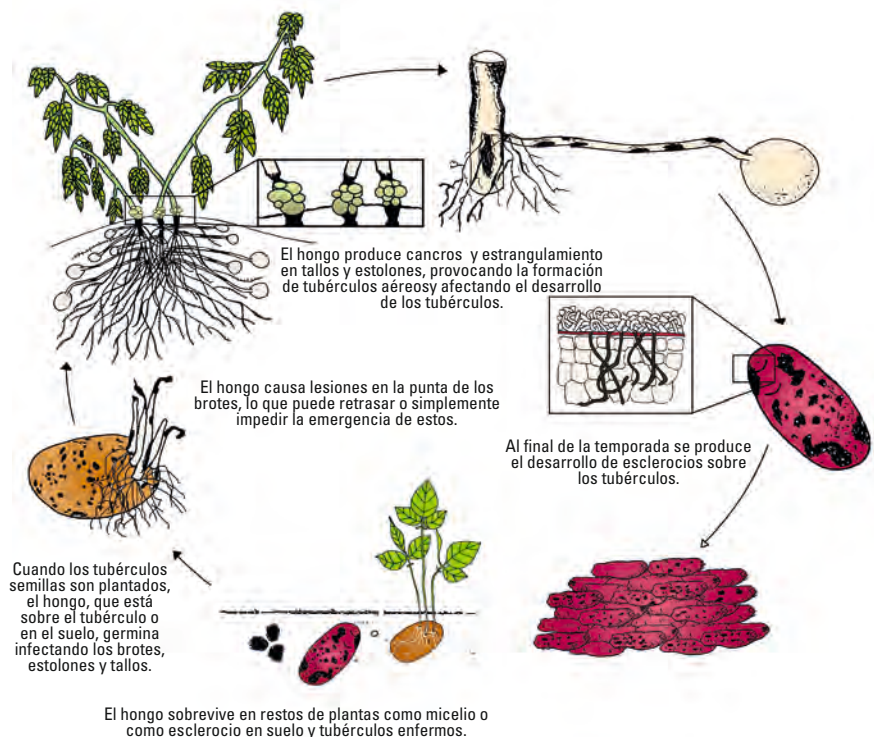
**Figura 74.** Síntomas de Rizoctonias en papa. Micelio de Rizoctonia en la base del tallo de una planta de papa (Sup. Izq.). Tallo de planta de papa estrangulado por Rizoctonia y formación de tubérculos aéreos (Sup. Cent.). Esclerocios de Rizoctonia en tallo de planta de papa (Sup. Der.). Esclerocios de Rizoctonia en tubérculo de papa (Inf. Izq.). Brote estrangulado por Rizoctonia (Inf. Cent.). Estolón con cancro causado por Rizoctonia (Inf. Der.).



**Figura 75:** Plantas de papa con síntomas de daño en tallo por Rizoctoniasis, Región de Magallanes.

## CICLO Y EPIDEMIOLOGÍA

El hongo persiste en restos de plantas como micelio, o como esclerocio en suelo y tubérculos enfermos. Cuando los tubérculos semillas son plantados, el hongo germina a partir del inóculo en el suelo o esclerocios presentes en el tubérculo semilla, infectando los brotes, estolones, raíces, tallos y tubérculo (Figura 76). Los esclerocios formados sobre tubérculos jóvenes, afectan a la maduración del tubérculo y senescencia de las plantas. El hongo puede sobrevivir por largos períodos en tubérculos que quedan en el campo o por colonizaciones saprofitas en restos de plantas u otros hospederos del hongo.



**Figura 76.** Ciclo de la Rizoctoniasis de la papa. Fuente: INIA Remehue. [www.manualinia.papachile.cl](http://www.manualinia.papachile.cl).

*Rhizoctonia solani* se desarrolla a una temperatura óptima de 18°C favoreciéndole condiciones de alta humedad de suelo y ambiente. Sus rangos mínimos y máximos de temperatura son de 8 y 35°C respectivamente. Tiene una amplia gama de hospederos y es capaz de sobrevivir en residuos de plantas como micelio o en forma de esclerocios. Se encuentra en la mayoría de los suelos, y se puede transmitir fácilmente a través de los tubérculos infectados. Se disemina por el agua de riego, suelo infectado y tubérculos enfermos.

## MANEJO

El control de esta enfermedad debe ser integrado, ya que una sola medida no es suficiente, debido a que los esclerocios del hongo pueden sobrevivir por largos períodos en el suelo.



## Manejo cultural

Rotación de cultivos por a lo menos 3 o 4 años con cultivos no susceptibles, tal como cereales. No utilizar en la rotación cultivos tales como remolacha, alfalfa, trébol o tomates, pues son susceptibles a la enfermedad; realizar prácticas que induzcan una rápida emergencia y desarrollo de las plantas reducirán el daño a brotes nuevos, tales como siembra poco profunda y en suelo con temperaturas sobre 10°C ; usar tubérculo semilla libre de esclerocios para disminuir la probabilidad de daño a brotes nuevos; no dejar los tubérculo mucho tiempo en el suelo antes de la cosecha, con el fin de limitar la formación de esclerocios sobre los tubérculos.

## PUDRICIÓN SECA O FUSARIOSIS

**Agente causal:** *Fusarium spp.*

Fusariosis, es una enfermedad que provoca síntomas de marchitez en plantas, cercana a la madurez del cultivo. La Pudrición Seca, causada por hongos del género *Fusarium spp.*, es una de las enfermedades que causa mayores pérdidas económicas en almacenamientos comerciales de papa. Para desarrollar estrategias de manejo integrado de esta enfermedad, es necesario conocer los agentes causales de esta patología. En la zona sur de Chile se han descrito las siguientes especies asociadas a papa: *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. sambucinum*, *F. graminearum*, *F. colmorum* y *F. avenaceum*, como los más comunes.

## SÍNTOMAS

Los síntomas que se describen a continuación son generales para *Fusarium spp.* Las plantas pueden presentar amarillamiento de hojas inferiores, moteado de las hojas superiores seguido de un marchitamiento y amarillamiento generalizado producto de la pudrición del tubérculo madre (Figura 77. Inf.). La planta puede llegar a secarse por completo.

Las plantas que han emergido de un tubérculo enfermo pueden presentar tallos con lesiones hundidas alargadas y de color café (Figura 77. Sup.). También se puede observar una decoloración de los tejidos vasculares. Bajo condiciones húmedas el tallo se pudre y la planta muere rápidamente, mientras que, bajo condiciones secas, la marchitez se desarrolla más lentamente provocando una extensa decoloración vascular del tallo y de los tubérculos nuevos.





**Figura 77.** Plantas afectadas por Fusariosis en la Región de Magallanes. Tallo con lesiones alargadas de color café (Sup.). Tubérculo madre podrido por Fusariosis (Inf.).

En tubérculos, lo más común es ver pudrición seca en almacenaje y pudrición de tubérculos semilla en campo. La pudrición que se presenta en almacenaje es seca y firme, alcanza de 3 a 5 cm. El tubérculo presenta primero lesiones oscuras, ligeramente hundidas, que luego se extienden superficialmente con pudrición interior dejando cavidades internas. Posteriormente el tubérculo se deshidrata y muestra un recogimiento de la piel (Figura 78. Sup. Izq.) después puede aparecer un micelio blanco con apariencia de sucio (Figura 78. Sup. Der.), que posteriormente toma una

tonalidad rojiza, rosada, violeta o azulosa en el centro de la colonia visible. El borde de la pudrición es claramente definido. Al cortar los tubérculos, internamente, se observa la pulpa de color castaño con bordes más o menos definidos y la presencia de cavidades tapizadas con micelio del hongo. Finalmente, los tubérculos podridos se endurecen y momifican o pueden ser invadidos por patógenos secundarios como *Pectobacterium* spp. dando origen a pudriciones húmedas (Figura 78. Inf. Der.). Tubérculos enfermos que presenten huecos en su interior si son usados como semilla producen plantas débiles y pálidas que pueden llegar a marchitarse y morir.



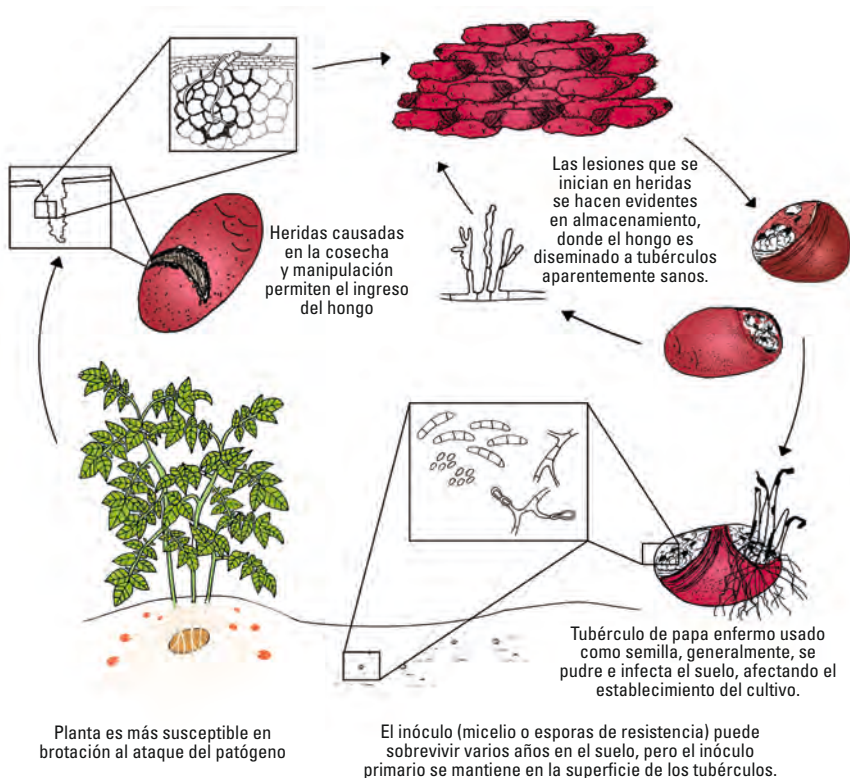
**Figura 78.** Síntomas de Fusariosis en tubérculo. Tubérculo deshidratado con recogimiento de la piel formando los característicos anillos (Sup. Izq.). Desarrollo de micelio sobre la lesión (Sup. Der.). Distintos niveles de desarrollo de la enfermedad en tubérculos (Inf. Izq.). Tubérculo con *Fusarium* spp. en almacenaje y pudrición blanda provocada por patógenos secundarios, como *Pectobacterium* spp (Inf. Der.).

## CICLO Y EPIDEMIOLOGÍA

Las especies de *Fusarium* pueden sobrevivir varios años en el suelo, pero el inóculo primario se mantiene generalmente en la superficie de los tubérculos, a partir de los cuales los propágulos contaminan los sacos, equipos usados para la recolección y almacenamiento, e inoculan las heridas provocadas durante el transporte de la semilla, especialmente cuando se trata de semilla cortada. La semilla entera o fraccionada que se ha infectado, se pudre e infesta el suelo que queda adherido a la superficie de los tubérculos cosechados (Figura 79).

El hongo puede sobrevivir en el suelo como micelio o esporas de resistencia sobre restos de tejido enfermo. La mayor parte de la infección de los tubérculos se presenta durante la cosecha, penetrando a través de heridas. Sin embargo, las lesiones que se inician en las heridas se hacen evidentes aproximadamente un mes después en almacenaje. El hongo no se disemina dentro de la bodega. La infección de plantas con marchitez se produce por la penetración del hongo presente en el suelo a través de las raíces de las plantas o en algunas especies de *Fusarium* en forma sistémica a través del tubérculo semilla. La pudrición seca se desarrolla bajo condiciones de alta humedad relativa y entre 15 y 20°C. Humedad sobre el 70% no altera el desarrollo de la pudrición, pero a menor humedad la infección y desarrollo de la enfermedad se retardan. La enfermedad continúa desarrollándose lentamente a temperaturas más frías, las que a su vez son convenientes para la papa.





**Figura 79.** Ciclo de la Fusariosis de la papa. Fuente: INIA Remehue. [www.manualinia.papachile.cl](http://www.manualinia.papachile.cl).

## MANEJO

### Manejo cultural

Sembrar en terrenos libres del hongo, aplicar rotación de cultivos en suelos infectados por a lo menos 5 años, utilizar semilla sana, promover la rápida suberización de los tubérculos, almacenándolos las primeras semanas a 15 o 20°C con alta humedad relativa (90-95%) y buena ventilación, son algunas de las medidas culturales que permiten reducir las posibilidades de infección por el patógeno.

A modo general para enfermedades que afectan con frecuencia en almacenamiento, es de gran relevancia disminuir la contaminación de los tubérculos tanto al momento de la cosecha como almacenaje.



## ENFERMEDADES CAUSADAS POR BACTERIAS

### PUDRICIÓN BLANDA Y PIE NEGRO

**Agente causal:** *Pectobacterium* spp.

El Pie Negro y las Pudriciones Blandas son causadas por las bacterias *Pectobacterium carotovorum carotovorum* y *Pectobacterium carotovora atrosepticum*. Aunque también otras bacterias pectolíticas están presentes en la pudrición, tales como especies de los géneros *Clostridium*, *Bacillus* y *Pseudomonas*, la pudrición se inicia por *Pectobacterium* spp, las cuales son sucedidas por otras bacterias más adaptadas a condiciones de tejido en pudrición.

La Pudrición Blanda de los tubérculos y el Pie Negro en plantas en campo son las enfermedades bacterianas más serias en el sur de Chile, en el cultivo de la papa.

El daño causado por esta enfermedad varía de país en país, y en ello influye el clima y las condiciones de crecimiento del cultivo y almacenamiento. En Chile, se calcula que, en tubérculos almacenados y plantas de papa en el campo, se pierde alrededor de un 10% y un 5%, respectivamente. *Pectobacterium*, asociado a otra enfermedad, puede provocar pérdidas mayores al 20% en cultivos de papa, provenientes de tubérculos infectados en forma latente.

El potencial para la Pudrición Blanda está influenciado por el número y la posición de las células de la bacteria en las lenticelas. Con respecto al potencial de infección latente en estudios realizados por INIA se demostró que entre un 40% y un 100% de los tubérculos muestreados tienen la bacteria en forma latente. Al igual, con el fin de detectar la importancia del Pie Negro según el grado de contaminación del tubérculo madre, otros autores obtuvieron una alta correlación entre el uso de tubérculos madres de contaminación positiva, y la alta infección latente en tubérculos hijos de esta semilla, llegando al 30% y 50% de los tubérculos hijos por planta.

Se ha demostrado, además que la incidencia de la enfermedad está correlacionada con el nivel de contaminación de la semilla y por otros factores, tales como: la presencia y tipo de heridas, edad de los tubérculos, curado, cultivar, niveles de calcio, potencial de agua de los tejidos y en particular el grado de humedad del suelo.

## SÍNTOMAS

Los tubérculos semillas infectados en forma latente con *Pectobacterium* aparecen sanos y la sintomatología de la enfermedad se observa sólo más tarde. Las bacterias se encuentran superficialmente en los tubérculos, en lenticelas, heridas o bien en el sistema vascular donde se protegen de cualquier desinfectante. Además, no hay bactericida de acción sistémica comercialmente efectivo. Las plantas afectadas detienen su desarrollo y son de crecimiento erecto y envarado. El follaje se vuelve clorótico (Figura 80. Sup. Izq.), los folíolos tienden a envolverse hacia arriba, luego se marchitan y mueren. Los tallos de las plantas infectados muestran una pudrición de color negro (Figura 80. Sup. Der.), el cual, generalmente empieza con la pudrición del tubérculo semilla y se extiende hacia arriba en el tallo.

Los tubérculos que provienen de plantas infectadas pueden manifestar síntomas que varían desde una ligera decoloración vascular al extremo del estolón, hasta una franca pudrición que compromete todo el tubérculo. El tejido del tubérculo afectado por pudrición blanda es húmedo, de color crema o canela y de consistencia blanda, fácilmente separable del tejido sano (Figura 80. Inf.) y a medida que avanza el daño adquiere un olor desagradable, debido a la presencia de organismos secundarios.



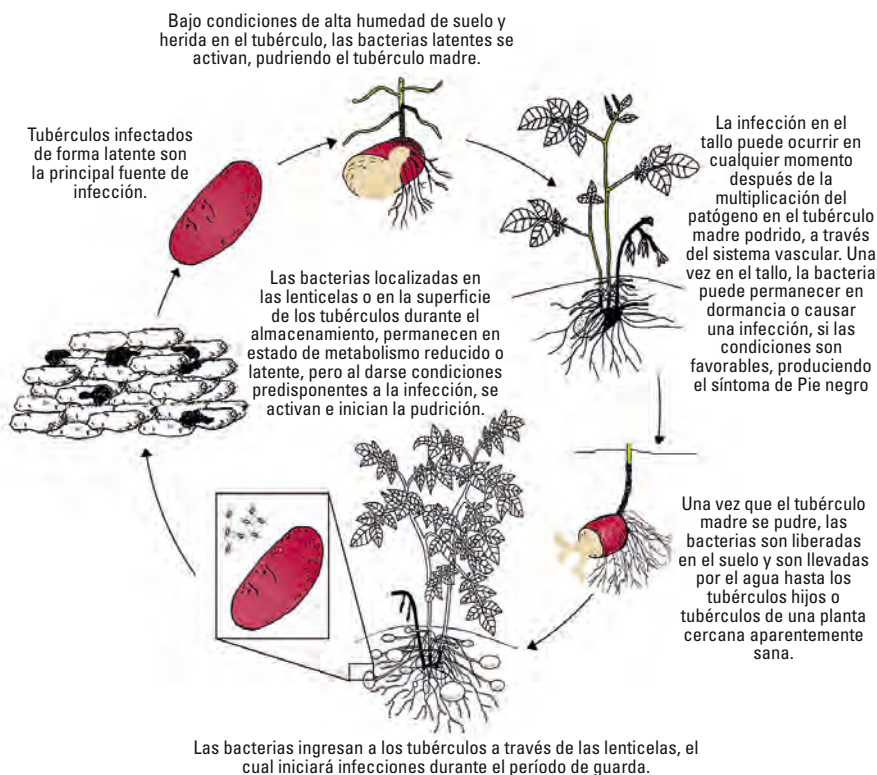
**Figura 80.** Muestras de plantas con Pie Negro y tubérculos con Pudriciones Blandas en Magallanes. Planta de papa con follaje clorótico, afectada por pie negro (Sup. Izq.). Tallo afectado por Pie negro (Sup. Der.). *Pectobacterium* spp. Afectando al tubérculo, donde provoca una pudrición húmeda, blanda, y de color crema (Inf.).

## CICLO Y EPIDEMIOLOGÍA

El inóculo primario se encuentra sobre o dentro del tubérculo semilla. Después de sembrado el tubérculo madre se va deteriorando durante el desarrollo de la planta, liberando hacia el suelo gran cantidad de bacterias y produciendo plantas infectadas.

Las bacterias pueden multiplicarse y persistir en la rizósfera de la planta en desarrollo y también en la de algunas malezas. Se pueden movilizar por medio del agua de riego y contaminar los tubérculos de plantas vecinas. Las bacterias ingresan por las lenticelas, agrietaduras que pudiesen tener los tubérculos en su desarrollo o por heridas provocadas en labores del cultivo y cosecha. Pueden sobrevivir en tubérculos contaminados durante todo el período de almacenaje.

La magnitud de la contaminación de los tubérculos, de una temporada a otra, puede variar enormemente en relación a las condiciones ambientales. La bacteria persiste en el suelo por períodos cortos, pero condiciones de temperatura y humedad de suelo pueden favorecer una supervivencia más prolongada. Su supervivencia también se favorece con restos de cultivo en el suelo. En labores de lavado de tubérculos también la bacteria se disemina a través del agua (Figura 81).



**Figura 81.** Ciclo del Pie Negro y Pudriciones Blandas de la papa. Fuente: INIA Remehue. [www.manualinia.papachile.cl](http://www.manualinia.papachile.cl).

Se considera que la principal fuente de inóculo en el cultivo, es la pudrición del tubérculo madre. Aunque muchos de los tubérculos en existencia están contaminados, el Pie Negro y la Pudrición Blanda, ocurre sólo cuando las condiciones ambientales favorecen el crecimiento de la bacteria.



La infección puede ocurrir en el tallo en cualquier momento, después de la multiplicación del patógeno en el tubérculo madre podrido, a través del sistema vascular. Una vez en el tallo, la bacteria puede permanecer en dormancia o puede causar una infección, si las condiciones son favorables. Al igual, la contaminación de los tubérculos progenie ocurre después que el tubérculo madre se pudre y la bacteria es liberada en el suelo y es llevado por el agua del suelo hasta los tubérculos hijos. Antes de la cosecha de los nuevos tubérculos, éstos ya están infectados y conducen el inóculo a través de las lenticelas, el cual iniciará infecciones durante el período de guarda. Estas bacterias localizadas en las lenticelas o en la superficie de los tubérculos sanos durante el almacenaje permanecen en estado de metabolismo reducido y al darse condiciones ambientales o situaciones predisponentes a la infección, se activan e inician la pudrición.

Las condiciones que favorecen la infección son una película de agua que ayuda las condiciones anaeróbicas del tubérculo, mala aireación, alto inóculo en las lenticelas, tubérculos golpeados, etc.

## MANEJO

El control del Pie Negro y las pudriciones húmedas es muy difícil, por lo que debe enfocarse en forma de manejo integrado. Las estrategias de control se aplican según el tipo de cultivo, es así como para la producción de tubérculos semillas la principal medida de control es mantener al mínimo la infección latente de los tubérculos hijos. Sin embargo, para los cultivos de consumo, se puede tolerar algún grado de infección latente si el almacenamiento es adecuado.

### Manejo cultural

El método más adecuado de control, principalmente cuando el problema es la infección latente del tubérculo madre, es usar tubérculos semillas provenientes de material limpio de *Pectobacterium*, lo cual se puede conseguir a través de esquejes, por multiplicación rápida in vitro o por semilla botánica. Al mismo tiempo, al existir tubérculos infectados en forma latente, se debe prevenir que la enfermedad se exprese. Esto se puede lograr utilizando un cultivar con resistencia a Pie Negro y Pudriciones Blandas, plantar en suelos de buen drenaje que no haya tenido papa el año anterior, no partir los tubérculos semillas, restringir el movimiento en el cultivo que provoque daño y disperse la enfermedad, utilizar un método de riego que

no disemine la bacteria, descarte de plantas con pie negro para disminuir la fuente de inóculo, evitar daños mecánicos que aumenten la susceptibilidad a la pudrición y buen almacenamiento de tubérculos.

En general muchos de los problemas que se producen en el almacenamiento pueden prevenirse, mediante algunas medidas de manejo tales como: evitar daños mecánicos, heridas y contusiones en tubérculos, evitar llevar a bodega papas mojadas con exceso de humedad y tierra adherida, limpiar a fondo la bodega antes de la cosecha, eliminando restos de papas y otros materiales, evitar filtraciones de agua en la bodega, y mantenerla siempre con un buen nivel de ventilación que evite la formación de agua libre sobre los tubérculos.

### Manejo químico

También disminuyen el problema las aplicaciones de sulfato de calcio al suelo (como yeso), ya que el contenido de calcio del tubérculo tendría efecto sobre la resistencia a la Pudrición Blanda.

### Uso de variedades resistentes

Respecto a la resistencia o tolerancia a esta enfermedad, se están efectuando una gran cantidad de estudios a nivel mundial en la búsqueda de variedades resistentes o tolerantes a este problema, utilizando métodos tradicionales e ingeniería genética.

## SARNA COMÚN DE LA PAPA Y SARNA ÁCIDA

**Agente causal: *Streptomyces scabies* (Thaxter) Lambert & Loria**

La Sarna de la Papa es una enfermedad que produce una disminución de la calidad del tubérculo, debido a la apariencia sarnosa que éstos toman cuando están afectados. La literatura describe dos tipos de sarna: la Sarna Ácida, causada por *Streptomyces acidi scabies* y la Sarna Común, cuyo organismo causal es la bacteria filamentosa *Streptomyces scabies*, la cual está presente en la mayoría de los suelos paperos alrededor del mundo y es más severa en suelos con pH sobre 5,5. Sin embargo, los síntomas en tubérculos son muy similares y se les ha llamado a ambas sarnas comunes.

## SÍNTOMAS

Los síntomas de la Sarna son muy variables y se presentan sólo en tubérculos. Generalmente son lesiones corchosas irregulares, levantadas, de color café, tamaño variable, que se desarrollan en cualquier lugar de la superficie del tubérculo (Figura 82. Inf.). A veces, los síntomas se desarrollan como Sarna Russet, sólo con una capa superficial, de tejido corchoso que cubre gran parte de la superficie del tubérculo (Figura 82. Sup. Der.), o como Sarna Profunda, con lesiones de hasta 1 cm de profundidad, café oscuras, con el tejido bajo la lesión de color café claro y translúcido (Figura 82. Sup. Izq.). En el mismo tubérculo pueden presentarse ambos tipos de lesiones. Los síntomas se desarrollan durante la estación de crecimiento, pero el período de infección es cuando el tubérculo se está formando.

Pocas semanas después de la infección aparecen pequeñas lesiones circulares acuosas en el tubérculo en crecimiento. Los tubérculos maduros ya no son susceptibles a la infección, pero las lesiones ya formadas pueden seguir expandiéndose a medida que el tubérculo crece, aumentando la severidad del daño.

Los síntomas de sarna son más severos cuando el tubérculo se desarrolla bajo condiciones templadas y secas. Así, suelos que se secan rápido son más conductivos a la sarna.



**Figura 82.** Tubérculos con Sarna común en Magallanes. Tubérculo con síntomas de sarna profunda (Sup. Izq.). Tubérculo con síntomas de sarna ruset (Sup. Der.). Tubérculo con lesiones corchosas irregulares, levantadas, de color café y tamaño variable (Inf.).

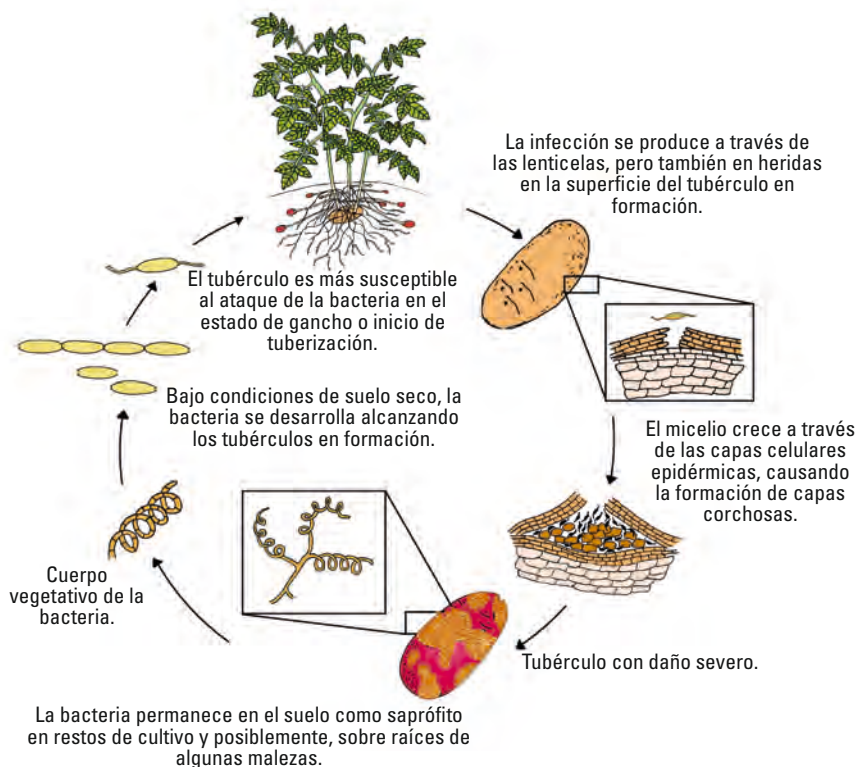
## CICLO Y EPIDEMIOLOGÍA

Las especies de *Streptomyces* pueden vivir indefinidamente en el suelo como saprófitos en restos de cultivo y posiblemente sobre raíces de algunas malezas y fecas de animales. La bacteria puede ser diseminada a través de la lluvia y viento. Los tubérculos en activo crecimiento son infectados a través de las lenticelas jóvenes y estomas, antes de que se haya diferenciado el peridermo. Si los tubérculos están en condiciones secas durante su desarrollo, bacterias antagonistas a *Streptomyces*, que normalmente se encuentran en las lenticelas, desaparecen y *Streptomyces* ingresa más fácilmente al tubérculo. Heridas causadas por insectos también facilitan la entrada del patógeno. Los tubérculos con el peridermo diferenciado no son susceptibles.



Debido al uso de semilla infectada, *S. scabies* ha sido introducida en todos los suelos donde se cultiva papa. Es un patógeno débil con gran actividad saprofítica, por lo que puede sobrevivir en el suelo por largos períodos.

*Streptomyces* infecta los tubérculos, principalmente durante las primeras 5 semanas de desarrollo de los tubérculos. La enfermedad se desarrolla más rápidamente en suelos con temperaturas entre 20 a 22°C. Se desarrolla más lentamente a temperaturas de 11 a 13°C y 30°C (Figura 83).



**Figura 83.** Ciclo de la Sarna Común de la papa. Fuente: INIA Remehue. [www.manualinia.papachile.cl](http://www.manualinia.papachile.cl).

## MANEJO

### Manejo cultural

Incorporación de abonos verdes, evitar el uso de guano animal, rotación con cultivos no susceptibles, uso de papas sanas, etc. Un aumento en el agua del suelo tiende a disminuir su incidencia, por lo tanto, el riego es una norma de manejo recomendada mundialmente. El efecto del agua en el control de la sarna se explicaría por el aumento de la microflora en el suelo el cual favorecería el desarrollo de microorganismos antagonistas, no patógenicos que invaden las lenticelas antes que el agente patógeno

### Uso de variedades resistentes

El uso de variedades resistentes o menos susceptibles, junto a la integración de varias prácticas de manejo cultural es importante para un control exitoso de esta enfermedad.

## ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS

Los virus, no matan a las plantas, no obstante, desvían el metabolismo y generan sustancias extrañas. Estas sustancias pueden alterar diversas funciones vitales e inducen al desarrollo de síntomas, los cuales, pueden variar desde simples cambios de color hasta necrosis, mientras que algunos virus, permanecen de forma latente en los hospederos, sin ocasionar síntomas visibles.

En el cultivo de la papa se conocen más de 20 virus, los que pueden causar severas pérdidas en el rendimiento. En este cultivo, el uso de tubérculo semilla infectado, es la principal fuente de inóculo.

Los virus pueden afectar los diversos órganos de la planta, causándoles daños desde muy leves hasta los más severos, que pueden llegar a provocar pérdidas importantes en la producción. El control de las enfermedades producidas por virus es quizás lo más crucial, dado que son la principal causa del fenómeno conocido como “degeneración de la papa”. Esto es, pérdida progresiva e irreversible de los rendimientos del cultivo, cuando el productor utiliza reiteradamente tubérculos semilla de su propia cosecha. El plantel se torna cada vez menos vigoroso con plantas que van reduciendo la producción de tubérculos en número y tamaño.

El diagnóstico de una enfermedad provocada por virus a través de los síntomas, es el método más utilizado, debido a lo económico y rápido que resulta. Este método se basa en la capacidad que tienen muchos virus de infectar las plantas y producir síntomas muy característicos en un tiempo relativamente corto. Sin embargo, para realizar este tipo de diagnósticos se debe tener suficientes conocimientos y por sobre todo experiencia y entrenamiento. Además, es importante destacar que no en todas las enfermedades producidas por virus es posible diagnosticarlas sólo a través de los síntomas. En la actualidad existen varios métodos bioquímicos para identificar virus, como Test ELISA y PCR. Estos métodos dan mayor certeza y seguridad, pero implican mayor costo, tiempo y se necesita de personal aún más especializado.

Algunos de los síntomas más característicos que acusan la presencia de un virus en la planta son:

- **Amarillamiento:** pérdida del color verde de las hojas virando a un amarillo de manera uniforme en parte de ellas o en toda la planta.
- **Arrosetamiento:** hojas pequeñas y encrespadas concentradas en ápulos terminales de los tallos (bouquet).
- **Caída de hojas:** pérdida de hojas parcial o totalmente necrosadas. Generalmente comienza por las hojas inferiores y algunas veces quedan colgando los tallos.
- **Cállico:** áreas de color amarillo intenso, generalmente grandes, que contrastan con el verde normal de los folíolos.
- **Enanismo:** plantas más pequeñas que las normales y que emergen tardíamente.
- **Encrespamiento:** sinuosidad del margen de los folíolos de la hoja.
- **Mosaicos:** áreas amarillentas o verde claro se entremezclan con el verde de las hojas dando un aspecto de mosaico.
- **Moteado:** áreas de verde claro o amarillentas se entremezclan con el verde normal en forma difusa sin límites definidos.
- **Necrosis:** muerte de parte del tejido de hojas, tallos y tubérculos. Existen diversos tipos: necrosis apical de tallos, necrosis sistémica del follaje, necrosis de las nervaduras de los folíolos y otros.
- **Rugosidad:** la superficie de los folíolos es rugosa o ampollada, generalmente en toda el área foliar de la planta.

Estos síntomas pueden variar en su severidad de acuerdo al cultivar utilizado, condiciones de desarrollo del cultivo y la variante del virus.

Los virus pueden ser transmitidos de tres formas (Figura 84):

### TRANSMISIÓN VEGETATIVA

Se produce por el uso de tubérculo-semilla infectado por virus. Una vez que los tubérculos infectados han sido utilizados como material de siembra, la enfermedad se propaga rápidamente a las plantas sanas, ya sea por medio de contacto mecánico o por transmisión por vectores o propagativa.

### TRANSMISIÓN MECÁNICA

Se origina mediante el contacto (roce de hojas) de una planta infectada con otra planta sana. También, pueden transmitirse mecánicamente por el sólo hecho de tocar una planta enferma y luego una sana, o se transfieren mediante herramientas de labranza.

### TRANSMISIÓN PROPAGATIVA

Es aquella transmitida por vectores, microorganismos que diseminan los virus desde plantas enfermas a sanas. Entre los vectores se encuentran hongos, nemátodos e insectos. Dentro de los insectos, los más importantes son los áfidos. Éstos, pueden transmitir el virus de forma no persistente, persistente y semi-persistente. Estas tres formas de transmisión por pulgones varían en su período de adquisición (tiempo necesario en la alimentación de un insecto para adquirir el virus desde una planta enferma, que lo convierta en vector), período de latencia o incubación (tiempo que se necesita para que un insecto se convierta en vector, desde el momento que adquirió el virus de la planta enferma) y período de retención (tiempo que el insecto vector permanece como tal).

#### **Transmisión no persistente**

Ocurre cuando el insecto vector, adquiere e inyecta las partículas virales por medio de sus piezas bucales (estilete), durante períodos breves de alimentación en la planta. La transmisión puede tomar sólo algunos segundos o minutos. No es necesario un tiempo de incubación en el insecto vector. Los áfidos permanecen infectivos por un máximo de dos horas.

#### **Transmisión persistente**

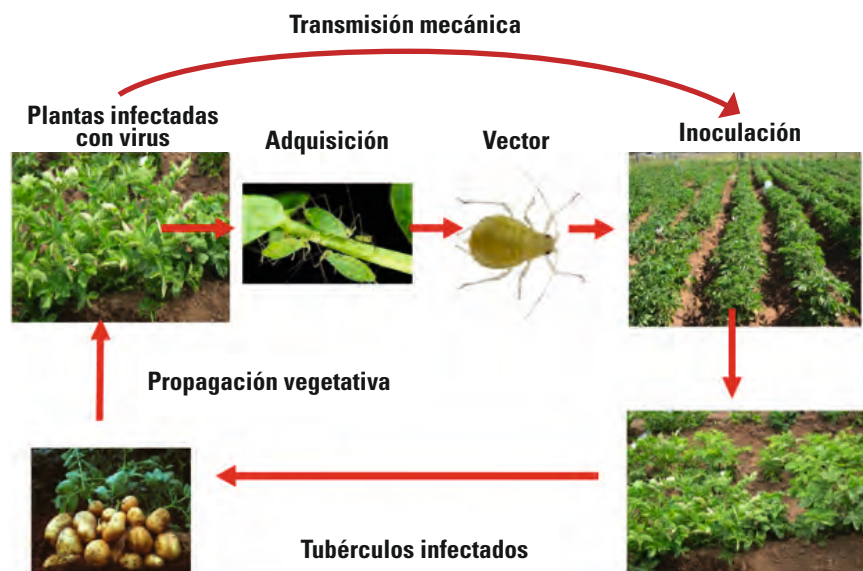
Toma de 20 a 30 minutos para que el virus sea adquirido por el insecto a



través de la alimentación. Antes que el virus sea inoculado a otra planta, necesita varias horas para que circule dentro del cuerpo del insecto. El insecto vector permanece infectivo por un período muy largo y a menudo durante toda su vida. Los virus persistentes pueden ser transmitidos a distancias mucho más grandes y por un tiempo más prolongado que los virus no persistentes.

### Transmisión semi-persistente

Los insectos tienen un comportamiento intermedio, requieren un tiempo de alimentación de minutos a horas y los vectores pueden permanecer infectivos por tres o cuatro días.



**Figura 84.** Formas de transmisión de los virus en un cultivo de papa.

Entre los virus de importancia que afectan al cultivo de la papa se encuentra el virus del enrollamiento de la hoja (PLRV), virus del mosaico severo (PVY), virus del mosaico latente (PVX) y el virus S de la papa (PVS).

## PLRV

### Potato Leafroll Virus o Virus del Enrollamiento de la Hoja

Ocasiona la enfermedad viral más importante. Este virus no puede transmitirse mecánicamente. Solo se transmite por uso de tubérculo de papas infectados usados como semilla, o por vectores, donde existen más de 10 especies de áfidos. Un incremento en la temperatura, aumenta las probabilidades de transmisión de este virus. Su adquisición por el vector se realiza con mayor efectividad a partir de la zona apical de las plantas jóvenes de papa. Se ha comprobado que el áfido *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), adquiere una mayor concentración de PLRV al interior de su organismo, y tiende a ser capaz de transmitir el virus de forma persistente, más rápidamente cuando se alimenta a elevadas temperaturas. Este virus posee más de 20 hospederos, entre los que se encuentran especies de la familia *Solanaceae*, *Brassicaceae* y *Amaranthaceae*.

## SINTOMATOLOGÍA

Los síntomas primarios, aparecen cuando la planta ha sido infectada durante el desarrollo del cultivo, y se presentan en la parte apical de las hojas. Las hojas, se tornan erectas, tomando una coloración pálida amarillenta y se enrollan hacia arriba. Si este tipo de infección ocurre al final de la estación, la planta no manifiesta ningún tipo de sintomatología, sin embargo, su progenie podría estar parcialmente infectada. Los síntomas secundarios, aparecen cuando las plantas se desarrollan a partir de tubérculos infectados. Estos síntomas, son más intensos pero menos pronunciados en la parte apical. La planta completa se ve erecta y enana, las hojas más viejas se enrollan y las superiores se observan más pálidas (Figura 85). Las hojas basales se vuelven rígidas, coriáceas y se tiñen intensamente de púrpura, otras veces pueden mostrar necrosis severa en los márgenes. En algunas variedades de papas, se pueden encontrar tubérculos con una necrosis interna reticulada.

Cuando la infección es primaria, los rendimientos pueden no verse afectados. Si la infección es secundaria, se genera una reducción en el tamaño y en el número de tubérculos, llegando a pérdidas de hasta un 95%.



**Figura 85.** Plantas de papa con sintomatología de PLRV. Hojas curvadas hacia arriba, amarillentas y enanas.

## PVY

### Potato Virus Y o Virus del Mosaico Severo

El virus se transmite a través de tubérculos infectados de papa semilla, de forma mecánica y por lo menos por 25 especies de áfidos, siendo estos últimos por excelencia, el medio más eficiente de transmisión no persistente. Este virus, es capaz de interactuar con otros virus como el PVX.

En base a los diferentes síntomas que causan en papa y en tabaco, se han identificado varias razas de PVY. La raza más común es la PVY<sup>O</sup>, que causa síntomas de mosaico, el cual, se caracteriza por la presencia de áreas de color verde claro y amarillo entremezclado con el color verde normal de las hojas. La raza PVY<sup>C</sup> causa estriado puntiforme, mientras que la PVY<sup>N</sup>, es la raza necrótica y en general causa síntomas leves en el follaje, sin embargo, en variedades de papa susceptible causa necrosis en las hojas. Por otra parte, infecciones mezcladas de la raza común y la necrótica son frecuentes y los genomas pueden intercambiar material genético, produciendo razas híbridas (por ejemplo PVY<sup>N:O</sup> y PVY<sup>NTN</sup>). Los hospederos de este virus son algunas especies de las familias *Solanaceae*, *Leguminosae* y *Cheopodiaceae*.

## SINTOMATOLOGÍA Y HOSPEDEROS

Los síntomas varían de acuerdo a la raza del virus y de la variedad de papa. Así es como, algunas variedades pueden mostrar una reacción de hipersensibilidad al PVY, dando como resultado, la muerte del área infectada y una pequeña área muerta alrededor de la infección. Otras variedades más sensibles pueden mostrar síntomas como un moteado moderado a severo, hasta un rayado coalescente de la hoja, como resultado de las grandes lesiones necróticas que se producen a lo largo de las nervaduras, en el envés de los folíolos de algunas variedades de papas. Las hojas se vuelven retorcidas, quebradizas y rugosas con apariencia coriácea. Cuando el virus Y de la papa aparece conjuntamente con el virus X de esta misma planta, produce un “mosaico rugoso”, en el que las plantas se ven enanas y los tubérculos son de menor tamaño. En tubérculos, las razas PVY<sup>NTN</sup> pueden causar necrosis (Figura 85).

### PVX

#### Potato Virus X o Virus del Mosaico Latente

Este virus es transmitido principalmente, de manera mecánica y no es transmitido por áfidos. En las plantas de papas, puede permanecer completamente latente, o bien puede producir síntomas. El PVX puede interactuar con el PVY y PVA, causando síntomas más severos y mayores pérdidas de rendimiento que la causada por cada uno de estos virus por separado. Tabaco, pimiento y tomate pueden servir de huéspedes de este virus.

## SINTOMATOLOGÍA

La infección puede ser leve en algunos cultivares. No obstante, es frecuentemente latente, por lo que, las plantas a menudo no muestran síntomas.

Las variantes virulentas pueden producir síntomas que van desde un mosaico moderado, hasta un rayado necrótico severo. Además, pueden causar encrespamiento, necrosis, mosaico, reducción del tamaño de las hojas y lesiones necróticas en los tubérculos. Algunos cultivares son hipersensibles a ciertas variantes y reaccionan con necrosis apical (Figura 86).





**Figura 86.** Sintomatología de mosaico, moteado, encrespamiento de las hojas y necrosis de venas causados por enfermedades virosas, principalmente PVY y PVX.

## PVS

### Potato Virus S o Virus S de la Papa

Este virus es transmitido por áfidos como el *Myzus persicae*, de forma no persistente. También, es transmitido mecánica y vegetativamente. La mayoría de los cultivares de papas no presentan síntomas. No obstante, algunos cultivares infectados de forma temprana en el ciclo del cultivo, muestran síntomas tales como, hundimiento ligero de las nervaduras, hojas rugosas, crecimiento más abierto, moteado suave, bronceado y manchas necróticas pequeñas en las hojas.



Figura 87. Plantas con síntomas de virosis en Magallanes.

## MEDIDAS DE CONTROL

Para evitar la diseminación de los virus, se deben llevar a cabo prácticas preventivas. La más importante, es el **uso de tubérculo semilla de papa certificada**, la cual asegura un máximo de tolerancia para enfermedades virosas, reduciendo de esta forma la fuente de inóculo.

Se recomienda el **uso de cultivos trampa o bordes**. Estos cultivos se ubican en los bordes del cultivo comercial, con la finalidad de protegerlo. Durante el vuelo, los áfidos responden fuertemente al estímulo visual y localizan a su planta hospedero contrastando el color oscuro del suelo con el verde del follaje de la planta. Lo que ocurre, es que los áfidos aterrizan primero en el perímetro más cercano, por lo que, si las plantas se colocan al borde del cultivo comercial, los áfidos pueden inicialmente sondear las plantas protectoras en lugar del cultivo comercial.

Llevar a cabo un **saneamiento** (extracción y destrucción de plantas con síntomas, plantas voluntarias, malezas y plantas hospederas las cuales,



sirvan de reservorio para virus y vectores, dentro y en los alrededores del campo de cultivo), puede disminuir las fuentes de inóculo presentes en el cultivo.

Para disminuir los riesgos de diseminación de aquellos virus que se transmiten mecánicamente, se debe **desinfectar la maquinaria, herramientas, calzado y vestuario**, ya sea con hipoclorito de sodio (1 % de cloro activo en pH neutro) o amonio cuaternario (al 4%). Además, se debe reducir el tráfico a través del cultivo.



## LITERATURA CITADA

Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Acuña, I. y F. Cádiz. 2012. Pie negro y pudriciones blandas de la papa. Informativo N° 102. INIA Remehue. 4 pp.

Acuña, I. y Cádiz. 2012. Manejo integrado de Rizoctoniasis y tratamiento de semilla en el cultivo de papa. Informativo N°46 (Actualizado). INIA Remehue. 4 pp.

Acuña, I. y Cádiz F. 2012. La Sarna común de la papa. Informativo N°37 INIA Remehue (Actualizado). 4 pp.

Acuña, I. y Tejeda, P. 2014. Enfermedades causadas por virus en el cultivo de papa y su manejo. Informativo N° 132. 4pp.

Burrows, M. Zitter, T. 2005. Virus Problems of Potatoes. Vegetable MD Online. [http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Potato\\_Virus.htm](http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/NewsArticles/Potato_Virus.htm) (22 Oct. 2014).

Mulder, A. and L.J. Turkensteen. 2005. Potato diseases: diseases, pests and defects. Aardappel wereld magazine. Nivap. Holland. 280 pp.

Salazar, L. 1996. Potato viruses and their control. Centro Internacional de la papa. 214 pp.

Schumann, G.L. and C. J. D'Arcy. 2006. Essential plant pathology. APS Press St. Paul, Minnesota. U.S.A.

Stevenson, W. Loria, R., Franc, G. y Weingartner, D. (Eds.) 2001. Compendium of Potato Diseases. Second edition. APS Press. St. Paul Minnesota, USA.





## Capítulo XIII

### Cosecha y almacenamiento de papas

#### Autores:

Marco Uribe G.  
Técnico agrícola  
INIA Remehue

Carolla Martínez A.  
Ingeniero agropecuario  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de la papa es muy importante y requiere dedicación en todo momento. Dentro de las etapas en las que se puede dividir el cultivo, las de cosecha y almacenaje, son etapas fundamentales para completar la cadena productiva. Ciertamente, ambas etapas requieren las mejores condiciones de clima e implementos adecuados, para realizar estas labores de forma segura y eficiente.

Los tubérculos, son órganos muy delicados y perecibles, razón por la cual debemos preocuparnos de tomar todos los resguardos para que éstos sufran el menor daño posible. Por lo cual, se debe procurar evitar golpes, cortes y peladuras, que posteriormente serán la puerta de ingreso a patógenos que provocarán enfermedades durante el almacenamiento, produciendo grandes pérdidas productivas y económicas.





## COSECHA DE PAPAS

La cosecha es una de las labores más costosas dentro del proceso de producción de papas. Esta etapa es la que requiere el mayor número de personas y mejor organización que cualquier otra labor en el cultivo de papas, debido a que corresponde a la etapa final del cultivo, dando inicio a la etapa de preparación o acondicionamiento de los tubérculos para el mercado.

Es una labor de alto riesgo, debido a los daños que se pueden ocasionar en los tubérculos, considerando que los tubérculos son una estructura viva, succulenta y muy propensa a daños por golpes y magulladuras (Figura 88). En la cosecha se produce el 75% de los daños mecánicos que pueden recibir las papas, por lo cual se deben extremar los cuidados para evitar que ocurran pérdidas durante la cosecha o en el almacenaje a causa de los golpes recibidos. El daño es un punto de entrada potencial para cualquiera de los organismos patógenos de una larga lista que ocasionan pudriciones durante el almacenaje.



**Figura 88.** Papa dañada durante la cosecha. La lesión es un punto de entrada potencial, para cualquier patógeno causante de enfermedades. INIA Kampenaike, 2016.

## MÉTODOS DE COSECHA

La cosecha de papas se puede realizar de dos maneras. De forma manual (con el simple uso de un gualato), o con la utilización de máquinas cosechadoras. Cualquiera sea la forma de cosecha a utilizar, siempre se debe tener presente que la papa es sumamente delicada y por ello, es necesario extremar las labores con los implementos de cosecha a utilizar.

### Cosecha manual

Este tipo de cosecha, es el más sencillo. Consiste en extraer los tubérculos con la ayuda de un gualato, una picota o un azadón. Para ello, se entierra la herramienta a los extremos de la planta de papa (cuidando de no dañar los tubérculos) para ir soltando el suelo, permitiendo así, que los tubérculos queden expuestos en la superficie, para que posteriormente sean recogidos y envasados. Su desventaja es que es un método lento y se daña un gran número de tubérculos con el uso de estas herramientas (Figura 89).



**Figura 89.** Método de cosecha manual de papas, con el uso de un azadón. INIA Kampenaike, 2017.



## Cosecha mecanizada

La cosecha mecanizada, consiste en la utilización de máquinas cosechadoras de papas, que pueden ser automáticas o semiautomáticas. Las cosechadoras semiautomáticas, consisten en maquinarias que arrancan los tubérculos, pudiendo dejarlos sobre el suelo para su posterior recolección, o sobre la máquina para luego separarlo de los terrones y restos vegetales (Figura 90).



**Figura 90.** Método de cosecha mecanizada semiautomática. El tractor tiene adosado un arado que va siendo guiado por el operario, arranca y extrae los tubérculos, dejándolos en la superficie para su posterior recolección. Puerto Natales, 2017.

Las cosechadoras automáticas, son máquinas que arrancan, recogen y ensacan los tubérculos, sin uso de mano de obra posterior (Figura 91). El uso de maquinaria automática o semiautomática en la cosecha, es muy ventajoso debido a que la labor se realiza en un tiempo menor, pudiendo, además calibrar la máquina para que arranque la planta completa, pudiendo extraer el mayor número de tubérculos sin daño alguno.



**Figura 91.** Método de cosecha mecanizada automática. La máquina va conectada al tercer punto del tractor y va arrancando, recogiendo y depositando los tubérculos en un camión para su posterior almacenamiento. Gira Alemania, 2013.

La decisión de qué método utilizar dependerá del tamaño de la superficie establecida y de la realidad económica del productor.

## ÉPOCA DE COSECHA

Es muy importante que, para evitar pérdidas en la cosecha, ésta se debe realizar en la época y condiciones adecuadas. La época de cosecha, depende del propósito y destino productivo:

- Producción de papa para consumo
- Producción de papa semilla

**Si el objetivo productivo es producción de papa para consumo**, es necesario realizar la cosecha cuando el cultivo alcance su madurez fisiológica total.

La madurez se caracteriza porque las plantas se ponen amarillentas y flácidas, los tallos se abren apoyándose sobre el suelo (Figura 92. Izq.), los tubérculos se desprenden con facilidad de sus estolones y la piel de los tubérculos se encuentra suberizada y no se desprende (Figura 92. Der.). Es cuando la planta alcanza este estado, que se logra alcanzar el máximo rendimiento, con tubérculos de calibre adecuado para este mercado, además, un cultivo

maduro presenta un contenido mayor de materia seca, lo que incide en una buena calidad de fritura (para variedades destinadas a la industria).

El inconveniente que se puede presentar, al esperar la madurez total o natural, es que dicha madurez se alcance cuando las condiciones climáticas no sean las más adecuadas, acercándose al mes de mayo, cuando comienza el otoño, arriesgando a perder tubérculos a causa de heladas y sufrir complicaciones al momento de la cosecha por la excesiva humedad del suelo.

En Magallanes, la cosecha se realiza generalmente durante el mes de marzo, a más tardar en mayo, para evitar pérdidas de tubérculos a causa de las condiciones anteriormente descritas.



**Figura 92.** Cultivo de papas con madurez fisiológica (Izq.). Papas suberizadas, en condiciones óptimas para cosecha (Der.). Punta Arenas, 2016.

**Si el objetivo productivo es semilla**, el periodo vegetativo estará supeditado al tamaño de los calibres determinados para este efecto, por lo que es necesario realizar un muestreo de campo una vez por semana, para ir monitoreando el tamaño de los tubérculos, hasta alcanzar el calibre deseado que determinará el momento de cosecha (Figura 93. Izq.).

Generalmente, el tiempo que toma este periodo, desde la emergencia a la cosecha va desde los 90 hasta los 120 días, dependiendo de la variedad, por lo que se tendrá que considerar aplicar un desecante foliar químico al momento que se alcance el calibre deseado, ya que al eliminar el follaje de la planta, el crecimiento del tubérculo se detiene inmediatamente, acelerando su proceso de madurez (Figura 93. Der.).





**Figura 93.** Muestras de papas tomadas al azar, para determinar el momento en que los tubérculos han alcanzado los calibres adecuados para la cosecha (Izq.). Cultivo con aplicación de desecante foliar químico (Der.). INIA-Kampenaike, 2017.

## RECOMENDACIONES PRÁCTICAS AL MOMENTO DE LA COSECHA

- Los tubérculos deben estar totalmente suberizados (piel firme).
- El suelo debe estar limpio, sin terrones y con una humedad de suelo disponible de 60-75% (Méndez, 2015), para que la cosechadora no se entierre al arrancar la planta (en caso de utilizar maquinaria), para que la tierra adherida a los tubérculos, se desprenda fácilmente y el secado sea rápido.
- Las temperaturas frías (menos de 12°C) aumentan la susceptibilidad de los tubérculos a los daños por golpes. Por lo tanto, como la cosecha se realiza con bajas temperaturas en la región, se deben extremar los cuidados, para provocar el mínimo de daño posible a los tubérculos.
- Procurar evitar dejar tubérculos en el suelo, una vez que terminada la cosecha, debido a que las papas voluntarias (o huachas) que quedan en el suelo, brotan la temporada siguiente, siendo posibles causantes de enfermedades, provocando un aumento en los riegos fitosanitarios.



## PRESELECCIÓN DE PAPAS

Luego de la cosecha y antes de almacenar las papas, es fundamental hacer una cuidadosa selección del material que se ingresará a la bodega, sobre todo considerando que el tipo de bodega que se emplea en la región es de construcción simple, sin posibilidades de controlar la temperatura y la humedad. Por lo que deben considerarse los siguientes aspectos:

- Al hacer la preselección, las papas no se deben dejar caer, de lo contrario el daño es casi seguro.
- Debe eliminarse la papa madre (vieja), debido a que éstas a las tres semanas comienzan a desintegrarse y/o pudrirse.
- Deben desecharse las papas con daños de corte, partidas, escarchadas o con síntomas de pudriciones.
- Los lotes de papas mojadas no deben almacenarse junto con otras papas, aunque no haya síntomas de pudrición. Estos lotes deben ser almacenados separados y vendidos primero.
- Sólo almacenar papas secas, limpias y sanas.

## ALMACENAMIENTO\*

La conservación y almacenamiento de los tubérculos cosechados, es la etapa que más importancia tiene, para asegurar que el material destinado a la producción de semilla y/o consumo fresco, mantengan sus características físicas y organolépticas que garanticen su comercialización. El almacenamiento es el momento en que ponemos a prueba todas las medidas tomadas en la cosecha, para así lograr un buen producto final.

Los problemas que podemos esperar con un mal manejo son:

- Pérdidas de peso de los tubérculos.
- Pérdidas de vigor en papa semilla.
- Aumento en el contenido de azúcares de los tubérculos, lo que provocaría problemas en tubérculos destinados al procesamiento de papas fritas en hojuelas y en bastones, entre otros.

## FACTORES DEL CULTIVO QUE AFECTAN LA CONSERVACIÓN

Existen numerosos factores previos al almacenamiento de los tubérculos, que afectan su conservación e inciden en la calidad del producto. Se

puede señalar que alrededor del 70% de los problemas habidos durante el almacenamiento, se relacionan en forma directa o indirecta con el manejo agronómico del cultivo, la cosecha, el transporte y el proceso de manipulación de las papas durante el entrojado y la selección final del producto antes de su uso o comercialización. Entre estos factores se pueden señalar los siguientes:

### ESTADO SANITARIO DEL CULTIVO

Una buena sanidad del cultivo es esencial para obtener una producción que soporte bien el período de almacenamiento.

### FERTILIZACIÓN

Se ha observado que la fertilización juega un rol importante en la conservación de los tubérculos. Una sobredosis de nitrógeno tiende a aumentar la susceptibilidad a los golpes durante la cosecha y el transporte de las papas. El potasio, en cambio tiende a proporcionarles una mayor firmeza y resistencia a los golpes.

### MADUREZ DEL CULTIVO

La cosecha de papa para consumo o semilla, debe ser realizada cuando el cultivo ha alcanzado su madurez total. Las papas inmaduras son sensibles a los daños, debido a que las capas que conforman la piel que las protege no se han terminado aún de formar completamente.

### DAÑOS MECÁNICOS DEL TUBÉRCULO DURANTE EL DESARROLLO DEL CULTIVO

Ocurren por los implementos que se utilizan en las labores culturales, por ataques de insectos del suelo y por las operaciones de recolección, embalaje y cosecha (que es donde ocurre el 70% de los daños).

### COMPORTAMIENTO FISIOLÓGICO DE LOS TUBÉRCULOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Después de la cosecha y durante el almacenamiento de la producción, en los tubérculos continúa ocurriendo una serie de cambios y procesos fisiológicos, entre los cuales están:

## SUBERIZACIÓN

Durante las primeras semanas después de la cosecha hay una gran actividad en los tejidos de los tubérculos para terminar de formar la piel que los protege (epidermis y peridermis) y cicatrizar las magulladuras o heridas. Las condiciones ambientales más adecuadas para que ocurra este proceso son temperaturas de alrededor de 15°C, humedad relativa alta (alrededor de 90%) y buena ventilación. Por esta razón, los tubérculos se dejan expuestos al ambiente natural en la bodega por unas tres semanas, para luego comenzar un proceso de enfriamiento paulatino hasta llegar a 5°C, a las seis semanas después de iniciado el almacenamiento.

La suberización y cicatrización de las heridas de los tubérculos tiene dos objetivos:

- Favorecer una menor pérdida de humedad y peso durante el período de almacenamiento, contribuyendo así a mantener la calidad y presentación de las papas.
- Impedir la penetración de organismos patógenos por las heridas o áreas dañadas, debido a que la cicatrización aumenta la resistencia a la entrada de enfermedades de una manera casi similar a como lo hace una piel sana.

## RESPIRACIÓN

La respiración es un proceso vital que proporciona la energía requerida para mantener vivos los tejidos de los tubérculos. En este proceso, los azúcares son convertidos en agua y dióxido de carbono mediante la captación de oxígeno del ambiente, liberando a su vez calor. Los azúcares utilizados son formados por la hidrólisis a partir del almidón acumulado, aumentando con ello las pérdidas de materia seca de los tubérculos. La tasa de respiración de las papas depende de la temperatura de almacenamiento, la madurez de los tubérculos, ocurrencia de heridas, contenido de azúcares y grado de brotación. La respiración tiende a ser más lenta entre los 2 y 4°C, aumentándose el proceso respiratorio sobre y bajo este rango.

## DESHIDRATACIÓN

La tensión del vapor de agua bajo la piel porosa de los tubérculos, corresponde a la del aire saturado. Por lo tanto, si el aire está bajo el punto de saturación,

se produce inevitablemente evaporación del agua de los tubérculos. La tasa de evaporación es tanto mayor cuanto más grande sea la diferencia entre la humedad relativa del aire y la existente a nivel de las lenticelas de los tubérculos, incrementándose aún más a mayor temperatura ambiental. La deshidratación de los tubérculos los ablanda y arruga, perdiendo así su valor comercial y de uso.

## BROTACIÓN

Desde el inicio de la formación de los tubérculos hasta el momento de la cosecha y parte inicial del período de almacenamiento, las papas se encuentran en estado de “dormancia”, es decir, no brotan por estar bajo el efecto de inhibidores naturales. Este período puede durar desde uno a varios meses dependiendo de la variedad, las condiciones de cultivo, daños y la temperatura de almacenamiento. A medida que progresa la brotación de los tubérculos, va causando pérdidas muy altas de peso. El brote por sí solo es una pérdida directa de materia seca. Además, los brotes incrementan la superficie de exposición para la evaporación de agua e incrementa la tasa de respiración de los tubérculos. Para reducir y manejar el crecimiento de los brotes después del término del período de dormancia, los tubérculos pueden almacenarse a bajas temperaturas (entre 4°C y 6°C), o exponerlos a luz difusa natural cuando se van a utilizar como tubérculos semillas; la luz es inhibitoria del crecimiento de los brotes, dejándolos cortos y vigorosos.

## CAMBIOS EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

Durante el almacenamiento ocurren una serie de cambios químicos importantes en los tubérculos, los cuales pueden ser muy afectados por el ambiente del almacenamiento. Entre los cambios relevantes se puede mencionar el contenido de almidón, azúcares, agua y materia seca, entre otros.

### Contenido de almidón

Representa entre el 60-80% del contenido de materia seca total de los tubérculos y su cantidad depende de la variedad, madurez, patrón de crecimiento, dosis de nitrógeno y potasio, clima y ambiente de almacenamiento. Se estima que un tubérculo consume mensualmente el 0,3% de su peso en forma de materia seca y gana el 0,15% de su peso en agua durante el proceso de respiración. El almidón tiende a disminuir a medida que se almacenan los tubérculos a más bajas temperaturas.

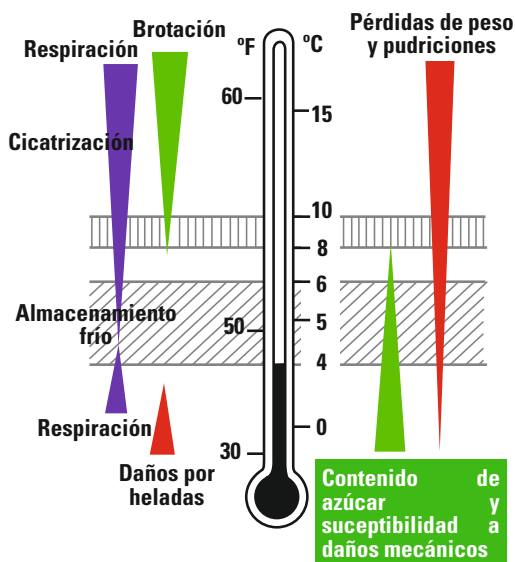


## Azúcares

La sacarosa, fructuosa y glucosa (estos dos últimos se denominan “azúcares reductores”), son los principales en la papa. Tubérculos destinados al procesamiento de papas fritas en hojuelas y en bastones, deben tener un bajo contenido de azúcares reductores para lograr obtener productos de buena calidad. El contenido de azúcar aumenta marcadamente en tubérculos almacenados a temperaturas bajo 5°C, pero este fenómeno puede revertirse elevando la temperatura entre 15 y 20°C por espacio de dos a cuatro semanas.

## Efecto ambiental

Las temperaturas extremas de almacenamiento (tanto altas como bajas) dañan los tubérculos. Temperaturas menores a  $-1^{\circ}\text{C}$  congelan los tubérculos y los dejan expuestos a pudriciones. Temperaturas superiores a  $30^{\circ}\text{C}$  aumentan fuertemente el proceso respiratorio, generando una gran demanda de oxígeno y liberando grandes cantidades de  $\text{CO}_2$ , y energía (Figura 94). En esas condiciones la respiración puede ser tan intensa que las células interiores del tubérculo no pueden obtener suficiente oxígeno y tampoco eliminar el exceso de  $\text{CO}_2$ , provocándose así la muerte de las células. Ese desorden fisiológico produce la enfermedad llamada “corazón negro”.



**Figura 94.** Efecto de la temperatura sobre la composición físico-química de los tubérculos de papa durante su almacenamiento.

## CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL ALMACENAMIENTO

### VENTILACIÓN

La función de la ventilación es remover el exceso de calor y  $\text{CO}_2$  producido por el proceso de respiración y a la vez oxigenar los tubérculos. La acumulación muy alta de  $\text{CO}_2$  desplaza el oxígeno, creando un ambiente que favorece la fermentación, y con ello la pudrición de los tubérculos. La concentración óptima de  $\text{CO}_2$  fluctúa entre el 2 y 4%. La ventilación puede ser realizada por movimiento natural de aire (convección) o bien mediante aire forzado:

#### Ventilación natural

Las papas almacenadas a granel o en pilas de sacos producen calor, por lo cual se hace imprescindible la ventilación. Para mejorar la ventilación de los tubérculos, es mejor almacenarlos en mallas apiladas (Figura 95) sobre un piso de fardos de pasto, dejando espacio para el paso de aire y el tránsito de personal.

Existen varios métodos que pueden ser usados para mejorar el movimiento natural del aire y el intercambio de calor. Por ejemplo, colocando los tubérculos sobre un piso de rejilla que permita al aire circular libremente, o usando ductos y chimeneas de ventilación distribuidas a lo largo del piso y/o la troja. Cuando se usan ductos de ventilación y la temperatura del aire es baja, se puede almacenar papas a una altura entre 1,5 m y 2 m, en cambio cuando la temperatura del aire es alta, especialmente en papas recién cosechadas, no debería almacenarse a más de un metro de altura.

#### Ventilación forzada

Con este sistema el movimiento del aire es uniforme, debido a que el ducto por donde se sopla el aire se estrecha hacia el final a partir del frente de aire.

La capacidad del ventilador y el acondicionamiento del sistema de ductos pueden ser ajustados a la velocidad del aire y la distribución requerida. Es importante destacar que es necesario que la velocidad del aire a través de la pila o troja sea uniforme para que las papas sean enfriadas y/o secadas por igual en el mismo nivel. Normalmente se requiere de equipos que tengan una capacidad de ventilación de 100-120  $\text{m}^3/\text{aire}/1000 \text{ kg}$  de tubérculos/hora.



**Figura 95.** Almacenamiento de papas, en mallas, con sistema de apilado, que permite el paso del aire entre sacos y el tránsito del personal. INIA Kampenaike, 2016.

## HUMEDAD RELATIVA

El ritmo de evaporación será mayor cuanto más sea la diferencia entre la humedad relativa del aire y la de los tubérculos, incrementándose aún más a medida que aumenta la temperatura ambiental. Un porcentaje de humedad relativa excesiva (100%) es igualmente perjudicial, ya que ésta puede condensarse y humedecer los tubérculos. Resultados experimentales indican que la humedad relativa óptima para almacenar papas está entre el 90% y 95%. Un contenido de humedad relativa ambiental apropiado es un factor igualmente importante para la cicatrización de las heridas. La cicatrización más rápida se obtiene con una humedad relativa del aire de 80% o más. Con una baja humedad relativa (por ejemplo, 30%) se interfiere la cicatrización normal.

## LUZ

Las papas destinadas al consumo humano no deben quedar expuestas a la luz porque se produce un verdeamiento de ellas, generando sustancias tóxicas conocidas como solanina y otras. Para evitar este verdeamiento, los tubérculos deben ser almacenados en lugares oscuros, o bien hay que cubrirlos con una capa de paja (Figura 96) u otro elemento que ayude a evitar el paso de la luz, pero que permita el intercambio gaseoso.

Por el contrario, los tubérculos destinados a semilla, idealmente deben almacenarse en presencia de luz, puesto que ésta tiene un efecto inhibitorio sobre el desarrollo de los brotes. Los brotes que crecen en presencia de luz son cortos y vigorosos permitiendo generar cultivos con una mayor densidad de tallos, un período vegetativo más reducido y un mayor rendimiento.



**Figura 96.** Almacenamiento en contenedor de madera, cubierto con paja para evitar el paso de luz. Se puede observar que las papas descubiertas se están verdeando. Punta Arenas, 2017.



## SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Para lograr un ambiente adecuado a la conservación de los tubérculos de papa, se han diseñado diferentes sistemas de almacenamiento, los que van desde los más sencillos y rústicos hasta los más complejos con ambiente controlado. Los factores que hay que considerar y que permiten elegir el sistema más apropiado de almacenamiento son muchos y variados. Entre los factores principales destacan: condiciones climáticas del lugar, la cantidad de tubérculos a almacenar y duración del período de almacenamiento, el objetivo del uso de los tubérculos, los recursos financieros disponibles y dependiendo del destino de producción (consumo o semilla).

Algunos sistemas de almacenaje pueden ser:

- Al aire libre:
  - En camellones de plantación
- Bajo techo:
  - En trojas a granel
  - En sacos
  - Cajones paletizados
  - Bandejas o estantes

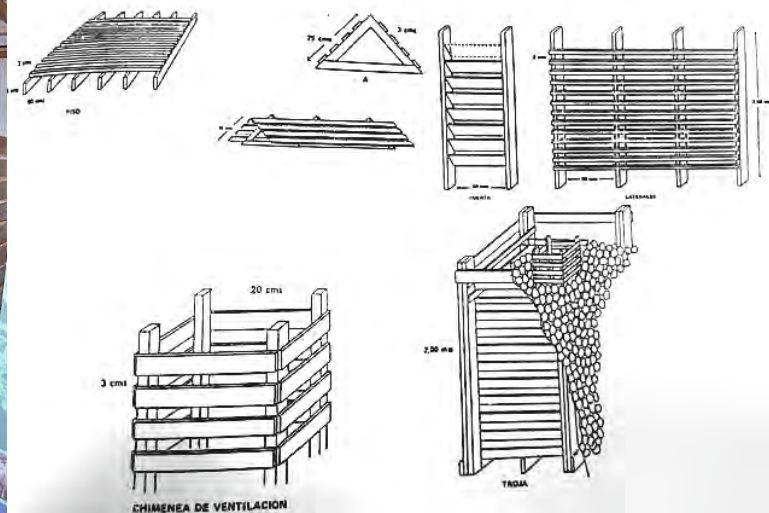
### EN CAMELLONES DE PLANTACIÓN

Consiste en dejar las papas guardadas en los mismos camellones de plantación, hasta almacenarlas en montones con un acondicionamiento especial para protegerlos del agua de lluvia y/o nieve, el frío, la luz, las enfermedades y plagas. El acondicionamiento de estas estructuras también debe permitir el intercambio expedito de los gases y el agua de respiración y transpiración de los tubérculos almacenados. Los sistemas de almacenamiento al aire libre son recomendables sólo por un corto período de tiempo (1-2 meses). En Chile hasta el momento se carece de estudios científicos o técnicos que permitan validar o recomendar sistemas de almacenamiento de papas al aire libre.

### EN TROJAS A GRANEL

Consiste en almacenar las papas en compartimentos o secciones especiales de la bodega, denominadas “trojas”, las cuales se ubican a un lado o a ambos lados del interior de la bodega, dejando un pasillo central de

circulación para carga y descarga de los tubérculos. Constan de tarimas bajas con listones, con separaciones adecuadas que no permitan la caída de los tubérculos al suelo. Este mismo tipo de rejas pueden utilizarse como paredes para permitir una mejor ventilación (Figura 97. Izq.).



**Figura 97.** Almacenamiento en trojas. Bodega de estructura de madera a base de listones, para lograr una buena ventilación (Izq.). Fuente: Inostroza y Méndez, 2015. "Cosecha y almacenaje de papas". Malleco. Sistema de rejas para ventilación en bodega (Der.). Fuente: Contreras, A. 1991. "Taller de papas". Purranque.

Como recomendación podemos indicar algunas medidas para la confección de estas tarimas:

- Piso soporte en base a listones de 15 cm, distanciados a 50 cm entre ellos. Sobre el piso soporte, la tarima debe tener una separación de 3 cm entre listones.
- Las paredes deben tener una altura de 2 m, realizada con listones de 15 cm separados a 3 cm entre ellos. La puerta de la bodega-troja debe ser de 50 cm de ancho.
- Ducto de ventilación en el piso, tipo triángulo de 25 cm por todo el largo de la troja.
- En cuanto a la chimenea de ventilación, esta debe tener 20 cm en todos sus lados, mientras que la altura estará dada por la papa almacenada (Figura 97. Der.).

En un almacenamiento, toda la circulación del aire está sometida al movimiento natural del aire caliente, el cual es en forma ascendente, mientras que el aire frío tendrá un desplazamiento descendente. Se puede además recomendar considerar la instalación de ventiladores con aire forzado, lo que permite en forma más rápida y eficiente un secado de las papas, esto controla la temperatura y humedad, permitiendo una mejor conservación (Figura 98).



**Figura 98.** Troja para almacenamiento de papas que cuenta con ductos de ventilación y que también se ventila con aire forzado. INIA La Pampa, 2015.

## EN SACOS

Consiste en almacenar las papas en mallas, que permitan el paso del aire y el tránsito del personal. De esta forma, se puede realizar una revisión constante, para identificación y extracción de papas en mal estado (Figura 99).



**Figura 99.** Almacenamiento al interior de la bodega, en mallas apiladas, que tienen ranuras que permiten el paso del aire para ventilación. Kampenaike, 2017.

## EN CAJONES PALETIZADOS O BINS

Es un sistema en que los tubérculos se almacenan en grandes cajas de madera o plásticas ranuradas, las que a la vez sirven de estructuras de almacenamiento y también para el transporte de las papas (Figuras 100 y 101).



**Figura 100.** Almacenamiento al interior de la bodega, en cajones paletizados o bins de madera. Osorno, 2015.





**Figura 101.** Almacenamiento de papas en cajones paletizados, con entrada para ventilación con aire forzado. Osorno, 2010.

## EN BANDEJAS O ESTANTES

Se puede considerar habilitar una bodega con bandejas plásticas o a base de listones considerando una altura que favorezca la buena entrada de luz. La separación entre bandejas es de 50 cm aproximadamente.

Este sistema es empleado principalmente en la “prebrotación de los tubérculos semilla con luz difusa” antes de su plantación, a fin de acortar el ciclo de desarrollo, ya sea con el objetivo de producción de tubérculos-semillas más sanos o en la producción de papa temprana o primor. La prebrotación de los tubérculos con

luz difusa permite una emergencia más rápida y también una aceleración del ciclo de desarrollo del cultivo, acortándolo en alrededor 2 semanas en comparación con el cultivo tradicional.

\*Fuente: Orena S. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl/?page=consumo&etapa=9>

## LITERATURA CONSULTADA

Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Contreras, A. 1991. Cosecha, preselección y almacenaje. Taller de Papa.

Instituto de ciencia y tecnología agrícolas, ICTA. 2014-2015. Bodegas mejoradas para almacenamiento de tubérculos semilla de papa.

Rojas, J., Catalán, P. 2006. Producción y uso de tubérculo semilla de papa. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina.

Rojas, J., Orena, S. 2006. Almacenamiento y conservación de la papa.

Van Loon, K., Hammink H. 2014. Las señales de la papa.









## Capítulo XIV

### Mercado y rentabilidad del cultivo de papas en Magallanes

**Autor:**

Zlowenka Basic V.  
Ingeniero Agrónomo  
INIA Kampenaike

### INTRODUCCIÓN

El siguiente análisis se elabora en base a los resultados obtenidos en los módulos experimentales, establecidos en el Centro Experimental INIA Kampenaike, en la comuna de Laguna Blanca, durante la ejecución del programa “Recuperación de la producción y sanidad de la papa en Magallanes”, financiado por el Gobierno regional, a través del Fondo de Desarrollo de Magallanes (FONDEMA).

El cultivo de la papa es un cultivo de producción anual, por lo que al finalizar el primer año de establecimiento, ya se obtienen retornos que permiten cumplir con algún tipo de compromisos económicos/bancarios. Para el caso de la evaluación de la rentabilidad no se consideraron costos financieros asociados.



Si bien en la región, a través de INDAP, es posible acceder a diferentes bonificaciones para la adquisición de tecnología como riego y cortinas cortavientos, el análisis de la rentabilidad del cultivo fue elaborado desde el punto de vista privado, por lo que no considera las bonificaciones que INDAP pudiese ofrecer.

## METODOLOGÍA

La metodología del cálculo de rentabilidad, se basó en los costos realizados durante el programa de papa para los distintos escenarios. Para el análisis se considera una superficie de 2.000 m<sup>2</sup> que corresponde a la superficie promedio que un agricultor tiene en la actualidad.

Se analizaron 4 escenarios posibles, para los cuales se consideró que el productor cuenta con terreno propio, fertilización de corrección y un costo de imprevistos equivalente al 5% del total de los costos directos.

Los escenarios a analizar son los siguientes:

- **Escenario 1. Sin Tecnología.** Considera el establecimiento del cultivo de papas sin paquete tecnológico INIA.
- **Escenario 2. Solo Riego.** Considera el establecimiento del cultivo de papas sólo con riego tecnificado.
- **Escenario 3. Solo Cortaviento.** Considera el establecimiento del cultivo de papas sólo con cortinas cortaviento.
- **Escenario 4. Paquete Tecnológico.** Considera el establecimiento del cultivo de papas con riego tecnificado y cortaviento.



## CÁLCULO DE LA INVERSIÓN

El total de la inversión se muestra en el Cuadro 23. Para el desglose de cada una de ellas, consultar al Anexo 1 del presente capítulo.

**Cuadro 23.** Inversión total para cada uno de los escenarios propuestos

| Escenario              | Total inversión |
|------------------------|-----------------|
| 1. Sin tecnología      | -               |
| 2. Sólo riego          | \$ 1.150.899    |
| 3. Sólo cortaviento    | \$ 1.004.042    |
| 4. Paquete tecnológico | \$ 2.154.941    |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

## CÁLCULO DE LOS COSTOS

En el Anexo N°1 se muestra el desglose de costos directos para los distintos escenarios y para cada uno de los años estudiados. En el Cuadro 24 se muestran los costos directos resumidos para cada escenario.

**Cuadro 24.** Costos directos para cada parcela según el escenario<sup>1</sup>.

| Escenario                       | Costos directos totales |                     |                     |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
|                                 | 2015-2016               | 2016-2017           | 2017-2018           |
| 1. Sin tecnología               | \$ 1.049.490            | \$ 1.035.636        | \$ 1.028.807        |
| 2. Sólo riego                   | \$ 1.337.893            | \$ 1.308.886        | \$ 1.301.215        |
| 3. Sólo cortaviento             | \$ 1.275.535            | \$ 1.104.271        | \$ 1.115.768        |
| 4. Paquete tecnológico          | \$ 1.581.522            | \$ 1.437.779        | \$ 1.410.603        |
| <b>PROMEDIO COSTOS DIRECTOS</b> | <b>\$ 1.311.110</b>     | <b>\$ 1.221.643</b> | <b>\$ 1.214.098</b> |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

El costo directo para el escenario<sup>1</sup> Solo Riego es mayor, dado que requiere un uso mayor en mano de obra, debido a que considera mayor cantidad de horas hombre en el trabajo de riego, además de un mayor consumo de combustible para el uso de la bomba.

<sup>1</sup> Para la estimación de los costos en los años sucesivos se utilizó un promedio simple de las temporadas observadas.

## CÁLCULO DEL MANTENIMIENTO

Para el caso del mantenimiento, se considera una vida útil de 3 años para el riego, y 4 años para el cortaviento.

## CÁLCULO DE LOS BENEFICIOS

El cálculo de los beneficios se plantea como el ingreso del productor dado la producción del cultivo y su precio de venta.

En cuanto al precio, éste se dejó como constante de acuerdo a el precio obtenido durante la temporada 2018 al productor, según datos obtenidos de informantes calificados, es decir \$800/kilo.

En cuanto al rendimiento, se utilizaron los promedios obtenidos en los módulos experimentales, los cuales están resumidos en el siguiente cuadro:

**Cuadro 25.** Rendimientos obtenidos según escenario y temporada de producción<sup>2</sup>.

| Escenario              | Rendimiento Kg/2.000 m <sup>2</sup> |           |           | Promedio rendimiento |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|----------------------|
|                        | 2015-2016                           | 2016-2017 | 2017-2018 |                      |
| 1. Sin tecnología      | 1.840                               | 400       | 500       | 913                  |
| 2. Sólo riego          | 2.920                               | 1.880     | 720       | 1.840                |
| 3. Sólo cortaviento    | 8.080                               | 3.220     | 7.080     | 6.127                |
| 4. Paquete tecnológico | 10.300                              | 8.600     | 9.000     | 9.300                |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

Luego de levantar los datos indicados anteriormente, se calcula el Valor Actual Neto de la plantación de papas.

## CÁLCULO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Para el cálculo del Valor Actual Neto se consideró un horizonte de 10 años, se utilizó una tasa de rentabilidad privada del 8,46%<sup>3</sup> y se incorporaron las proyecciones para los años 4 al 10.

<sup>2</sup> Para la proyección, se utilizó el modelo browniano geométrico basado en los rendimientos históricos obtenidos en la región de los Lagos entre las temporadas 2010/2011 y 2017/2018 (Odepa, 2018). Esto arroja una volatilidad en los rendimientos del 20%, dato que se utilizó para proyectar los rendimientos de los próximos 7 años.

<sup>3</sup> El cálculo de la tasa de interés se obtuvo a través del Modelo CAPM utilizando la información de riesgo sistémico ( $\beta$ ) del sector Agricultura obtenido de Demodaran.



## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La rentabilidad del cultivo para los distintos escenarios se muestra a continuación:

**Cuadro 26:** Resumen del Valor Actual Neto (VAN) para los distintos escenarios:

| Escenario              | Van (10 años) |
|------------------------|---------------|
| 1. Sin tecnología      | \$ -1.619.967 |
| 2. Sólo riego          | \$ 568.565    |
| 3. Sólo cortaviento    | \$ 26.866.748 |
| 4. Paquete tecnológico | \$ 41.956.698 |

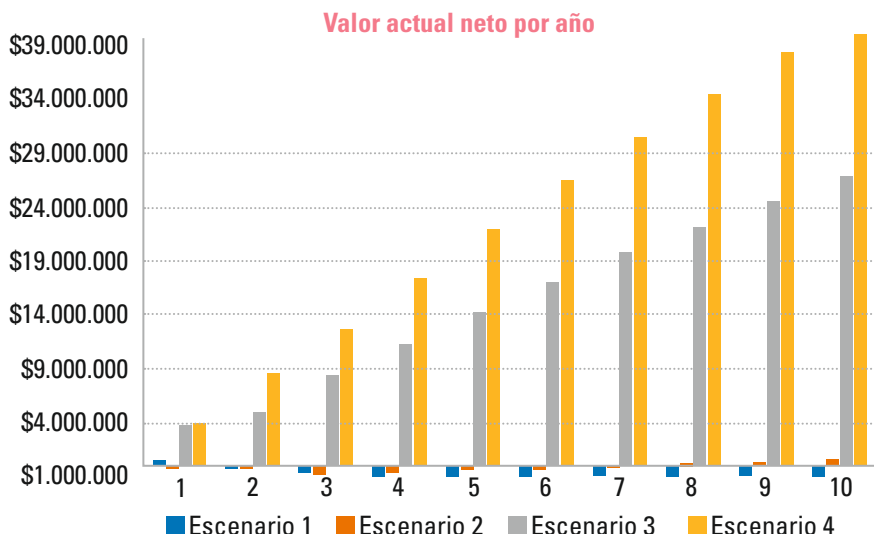
**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

De acuerdo a los datos obtenidos, se establece que es necesario la implementación de tecnología para obtener rendimientos a un horizonte de 10 años.

En el caso del Escenario 4, este arroja un VAN de 41 millones, lo que es claramente superior a los escenarios donde no se aplican tecnologías o esta se encuentra aplicada de manera parcial. Aunque se muestran excelentes rentabilidades al implementar sólo la malla cortaviento, **la recomendación al productor es que implemente el Paquete Tecnológico completo, debido que al contar con un sistema de riego, le permitirá instalar un sistema de alertas de heladas, con el cual podría evitar perdidas totales del cultivo.**

El siguiente gráfico, muestra desde cuándo el VAN comienza a ser mayor o igual a cero. Es decir, desde cuándo el cultivo comienza a ser rentable.



**Gráfico 26:** Valor Actual Neto para distintos horizontes de tiempo.

**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

Si analizamos el valor actual neto a diferentes horizontes de tiempo, podemos inferir que en el Escenario 3 y 4, las inversiones en mallas protectoras y la combinación de esta última con riego, generan retornos a contar del primer año.

Por otro lado, la ausencia de tecnología no genera retornos en el Escenario 1; mientras que en la opción de riego, genera pequeños retornos a partir del 9 año de implementación.

## ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad en este ejercicio es evaluado en función de los rendimientos esperados. Sólo se realiza el análisis con aquellos escenarios en que el cultivo fue rentable, es decir, para el Escenario 2, 3 y 4<sup>4</sup>. Los resultados son los siguientes:

<sup>4</sup> Se consideró la sensibilización con respecto al rendimiento del cultivo y una volatilidad de un 20% para un escenario malo con un 5% de probabilidad y un 95% de probabilidad para un escenario bueno.

**Cuadro 27:** Análisis de Sensibilidad para distintos escenarios.

**Caso bueno, con 95% de probabilidad.**

| Escenario              | Van           |
|------------------------|---------------|
| 2. Sólo riego          | \$ 4.208.880  |
| 3. Sólo cortaviento    | \$ 40.878.871 |
| 4. Paquete tecnológico | \$ 60.171.216 |

**Caso malo, con 5% de probabilidad.**

| Escenario              | Van           |
|------------------------|---------------|
| 2. Sólo riego          | \$ -3.071.751 |
| 3. Sólo cortaviento    | \$ 16.870.792 |
| 4. Paquete tecnológico | \$ 23.742.179 |

**Fuente:** Elaboración propia con datos del programa

Los datos del cuadro 27 arrojan que el escenario más riesgoso corresponde al del riego, donde si existiese un cambio en los rendimientos esperados, el proyecto tendría retornos negativos.

Debido a lo anterior, es que se refuerza la recomendación al productor de que la instalación del paquete tecnológico completo es la opción para establecer el cultivo de papas en la región de Magallanes. Como se indica anteriormente, este cultivo puede sufrir de heladas que no están consideradas en el modelo y que pueden ser evitadas con un sistema de manejo anti heladas.

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2015-2016)

### Escenario 1 - Sin Tecnología

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA LINEA BASE PARA KAMPENAIKE |                             |              |          |                |                     |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------|----------------|---------------------|
| PAPA                                               |                             |              |          |                |                     |
| VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE                       |                             |              |          |                |                     |
| Análisis para 2000 M2                              | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> | \$ 1.472.000 |          |                |                     |
| Año agrícola: 2015-2016                            | Costos directos:            | \$ 1.049.490 |          |                |                     |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                              | Costos Totales:             | \$ 1.101.965 |          |                |                     |
| Precio promedio (\$/Kg) \$800                      | Margen Bruto: \$            | 422.510      |          |                |                     |
| Rendimiento (kg/2.000m <sup>2</sup> ) 1840         | Margen Neto: \$             | 370.035      |          |                |                     |
| Costos directos                                    | Mes                         | Cantidad     | Unidad   | Precio (\$/Un) | Valor (\$)          |
| <b>Mano de obra (a)</b>                            |                             |              |          |                |                     |
| COSECHA                                            | ABRIL                       | 48           | H/H      | \$ 2.778       | \$ 133.344          |
| APORCA                                             | ENERO                       | 24           | H/H      | \$ 2.778       | \$ 66.672           |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                         | NOVIEMBRE                   | 16           | H/H      | \$ 2.778       | \$ 44.448           |
| TRACTORISTAS (PREPARACIÓN DEL SUELO)               | JUNIO-SEPTIEMBRE            | 2            | H/H      | \$ 2.778       | \$ 5.556            |
| <b>Total mano de obra</b>                          |                             |              |          |                | <b>\$ 250.020</b>   |
| <b>Maquinaria (b)</b>                              |                             |              |          |                |                     |
| ARADURA                                            | JUNIO                       | 1            | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| RASTRAJES                                          | SEPTIEMBRE                  | 1            | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| <b>Total maquinaria</b>                            |                             |              |          |                | <b>\$ 70.000</b>    |
| <b>Insumos (c)</b>                                 |                             |              |          |                |                     |
| <b>Semilla</b>                                     |                             |              |          |                |                     |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE            | MARZO                       | 600          | Kg       | \$ 740         | \$ 444.000          |
| <b>Fertilizantes:</b>                              |                             |              |          |                |                     |
| NITROGENO 100KG/HAS                                | OCTUBRE                     | 49           | Kg       | \$ 505         | \$ 24.745           |
| FOSFORO 300KG/HA                                   | OCTUBRE                     | 146          | Kg       | \$ 526         | \$ 76.533           |
| POTASIO 300KG/HA                                   | OCTUBRE                     | 146          | Kg       | \$ 378         | \$ 54.999           |
| <b>Otros:</b>                                      |                             |              |          |                |                     |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA)            | AGOSTO                      | 1            | ANÁLISIS | \$ 52.350      | \$ 52.350           |
| FLETE SEMILLAS                                     |                             | 1            | GLOBAL   | \$ 72.000      | \$ 72.000           |
| SACOS PAPEROS                                      | NOVIEMBRE                   | 37           | UNIDAD   | \$ 131         | \$ 4.843            |
| <b>Total insumos</b>                               |                             |              |          |                | <b>\$ 729.470</b>   |
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>               |                             |              |          |                | <b>\$ 1.049.490</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b>            |                             |              |          |                | <b>\$ 52.475</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                                |                             |              |          |                | <b>\$ 1.101.965</b> |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2016-2017)

### Escenario 1 - Sin Tecnología

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA LINEA BASE PARA KAMPENAIKE<br>PAPA<br>VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE |                  |                             |          |                     |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------|---------------------|-------------------|
| Análisis para 2000 M2                                                                      |                  | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> | \$       | 320.000             |                   |
| Año agrícola: 2016-2017                                                                    |                  | Costos directos             | \$       | 1.035.636           |                   |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                                                                      |                  | CT:                         | \$       | 1.087.418           |                   |
| Precio promedio (\$/kg)                                                                    | 800              | Margen Bruto \$:            | -\$      | 715.636             |                   |
| Rendimiento (kg/2000m2):                                                                   | 400              | Margen Neto \$:             | -\$      | 767.418             |                   |
| Costos directos                                                                            | Mes              | Cantidad                    | Unidad   | Precio (\$/Un)      | Valor (\$)        |
| <b>Mano de obra (a)</b>                                                                    |                  |                             |          |                     |                   |
| COSECHA                                                                                    | ABRIL            | 48                          | H/H      | \$ 2.778            | \$ 133.344        |
| APORCA                                                                                     | ENERO            | 24                          | H/H      | \$ 2.778            | \$ 66.672         |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                                                                 | NOVIEMBRE        | 16                          | H/H      | \$ 2.778            | \$ 44.448         |
| TRACTORISTAS (PREPARACIÓN DEL SUELO)                                                       | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2                           | H/H      | \$ 2.778            | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                                                                  |                  |                             |          |                     | <b>\$ 250.020</b> |
| <b>Maquinaria (b)</b>                                                                      |                  |                             |          |                     |                   |
| ARADURA                                                                                    | JUNIO            | 1                           | HR       | \$ 35.000           | \$ 35.000         |
| RASTRAJES                                                                                  | SEPTIEMBRE       | 1                           | HR       | \$ 35.000           | \$ 35.000         |
| <b>Total maquinaria</b>                                                                    |                  |                             |          |                     | <b>\$ 70.000</b>  |
| <b>Insumos (c)</b>                                                                         |                  |                             |          |                     |                   |
| <b>Semilla</b>                                                                             |                  |                             |          |                     |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE                                                    | MARZO            | 600                         | Kg       | \$ 740              | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                                                                      |                  |                             |          |                     |                   |
| NITROGENO 100KG/HAS                                                                        | OCTUBRE          | 49                          | Kg       | \$ 371              | \$ 18.179         |
| FOSFORO 300KG/HA                                                                           | OCTUBRE          | 146                         | Kg       | \$ 442              | \$ 64.311         |
| POTASIO 300KG/HA                                                                           | OCTUBRE          | 146                         | Kg       | \$ 438              | \$ 63.729         |
| <b>Otros:</b>                                                                              |                  |                             |          |                     |                   |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA)                                                    | AGOSTO           | 1                           | ANÁLISIS | \$ 52.350           | \$ 52.350         |
| FLETE SEMILLAS                                                                             |                  | 1                           | GLOBAL   | \$ 72.000           | \$ 72.000         |
| SACOS PAPEROS                                                                              | NOVIEMBRE        | 8                           | UNIDAD   | \$ 131              | \$ 1.047          |
| <b>Total insumos</b>                                                                       |                  |                             |          |                     | <b>\$ 715.616</b> |
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>                                                       |                  |                             |          | <b>\$ 1.035.636</b> |                   |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b>                                                    |                  |                             |          | <b>\$ 51.782</b>    |                   |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                                                                        |                  |                             |          | <b>\$ 1.087.418</b> |                   |



## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2017-2018)

### Escenario 1 - Sin Tecnología

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA LINEA BASE PARA KAMPENAIKE |                                 |           |          |                |                     |
|----------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|----------|----------------|---------------------|
| PAPA                                               |                                 |           |          |                |                     |
| VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE                       |                                 |           |          |                |                     |
| Análisis para 2000 M <sup>2</sup>                  | Ingreso 2000m <sup>2</sup> : \$ | 400.000   |          |                |                     |
| Año agrícola: 2017-2018                            | Costos directos: \$             | 1.028.807 |          |                |                     |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                              | CT: \$                          | 1.080.247 |          |                |                     |
| Precio promedio (\$/kg): 800                       | Margen bruto \$: -\$            | 628.807   |          |                |                     |
| JH: Jornada hombre (N° trabajadores/ha)            | Margen neto \$: -\$             | 680.247   |          |                |                     |
| Rendimiento (kg/2000m <sup>2</sup> ): 500          |                                 |           |          |                |                     |
| Costos directos                                    | Mes                             | Cantidad  | Unidad   | Precio (\$/Un) | Valor (\$)          |
| <b>Mano de obra (a)</b>                            |                                 |           |          |                |                     |
| COSECHA                                            | ABRIL                           | 48        | H/H      | \$ 2.778       | \$ 133.344          |
| APORCA                                             | ENERO                           | 24        | H/H      | \$ 2.778       | \$ 66.672           |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                         | NOVIEMBRE                       | 16        | H/H      | \$ 2.778       | \$ 44.448           |
| TRACTORISTAS (PREPARACIÓN DEL SUELO)               | JUNIO-SEPTIEMBRE                | 2         | H/H      | \$ 2.778       | \$ 5.556            |
| <b>Total mano de obra</b>                          |                                 |           |          |                | <b>\$ 250.020</b>   |
| <b>Maquinaria (b)</b>                              |                                 |           |          |                |                     |
| ARADURA                                            | JUNIO                           | 1         | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| RASTRAJES                                          | SEPTIEMBRE                      | 1         | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| <b>Total maquinaria</b>                            |                                 |           |          |                | <b>\$ 70.000</b>    |
| <b>Insumos (c)</b>                                 |                                 |           |          |                |                     |
| <b>Semilla</b>                                     |                                 |           |          |                |                     |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE            | MARZO                           | 600       | Kg       | \$ 740         | \$ 444.000          |
| <b>Fertilizantes:</b>                              |                                 |           |          |                |                     |
| NITROGENO 100KG/HAS                                | OCTUBRE                         | 49        | Kg       | \$ 351         | \$ 17.199           |
| FOSFORO 300KG/HA                                   | OCTUBRE                         | 146       | Kg       | \$ 438         | \$ 63.729           |
| POTASIO 300KG/HA                                   | OCTUBRE                         | 146       | Kg       | \$ 400         | \$ 58.200           |
| <b>Otros:</b>                                      |                                 |           |          |                |                     |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA)            | AGOSTO                          | 1         | ANÁLISIS | \$ 52.350      | \$ 52.350           |
| FLETE SEMILLAS                                     |                                 | 1         | GL       | \$ 72.000      | \$ 72.000           |
| SACOS PAPEROS                                      | NOVIEMBRE                       | 10        | UNIDAD   | \$ 131         | \$ 1.309            |
| <b>Total insumos</b>                               |                                 |           |          |                | <b>\$ 708.787</b>   |
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>               |                                 |           |          |                | <b>\$ 1.028.807</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b>            |                                 |           |          |                | <b>\$ 51.440</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                                |                                 |           |          |                | <b>\$ 1.080.247</b> |

**VAN CALCULADO PARA ESCENARIO 1****Considerando una tasa de retorno de 8,76%**

| <b>Años</b>                  | <b>Inversión</b> | <b>Beneficios</b> | <b>Costos</b> | <b>Mantención</b> | <b>Flujo<br/>operacional</b> |
|------------------------------|------------------|-------------------|---------------|-------------------|------------------------------|
| <b>0</b>                     |                  |                   |               |                   | \$ -                         |
| <b>1</b>                     |                  | \$ 1.472.000      | \$ 1.101.965  |                   | \$ 370.035                   |
| <b>2</b>                     |                  | \$ 320.000        | \$ 1.087.418  |                   | \$ -767.418                  |
| <b>3</b>                     |                  | \$ 400.000        | \$ 1.080.247  |                   | \$ -680.247                  |
| <b>4</b>                     |                  | \$ 822.422        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -267.455                  |
| <b>5</b>                     |                  | \$ 847.108        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -242.769                  |
| <b>6</b>                     |                  | \$ 872.534        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -217.342                  |
| <b>7</b>                     |                  | \$ 898.724        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -191.152                  |
| <b>8</b>                     |                  | \$ 925.700        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -164.177                  |
| <b>9</b>                     |                  | \$ 953.486        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -136.391                  |
| <b>10</b>                    |                  | \$ 982.105        | \$ 1.089.877  |                   | \$ -107.771                  |
| <b>VAN del<br/>ejercicio</b> |                  |                   |               |                   | <b>\$ -1.619.967</b>         |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2015-2016)

### Escenario 2 – Sólo Riego

#### Inversión Inicial

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |                               |         |           |  |  |  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|---------|-----------|--|--|--|
| PAPA                                                |                               |         |           |  |  |  |
| SOLO RIEGO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE           |                               |         |           |  |  |  |
| Análisis para 2000 M2                               | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$      | 2.336.000 |  |  |  |
| Año agrícola: 2015-2016                             | Costos directos:              | \$      | 1.337.893 |  |  |  |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                               | Costos Totales:               | \$      | 1.404.788 |  |  |  |
| Precio promedio (\$/kg):                            | 800                           | \$      | 998.107   |  |  |  |
| Rendimiento (kg/2000m2):                            | 2.920                         | \$      | 931.212   |  |  |  |
|                                                     | Vida Útil:                    | 10 años |           |  |  |  |

| Inversiones          |                  |           | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)          |
|----------------------|------------------|-----------|----------|--------|----------------|---------------------|
| INVERSION RIEGO      | LINEAS           | NOVIEMBRE | 2240     | M      | 286            | \$ 639.744          |
| INVERSION RIEGO      | PLANTAS          | NOVIEMBRE | 120      | M      | 829            | \$ 99.480           |
| INVERSION RIEGO      | BOMBA            | NOVIEMBRE | 1        | UNIDAD | 307.500        | \$ 307.500          |
| INVERSION RIEGO      | CONECTOR GROMMIT | NOVIEMBRE | 45       | UNIDAD | 54             | \$ 2.410            |
| INVERSION RIEGO      | GOMA             | NOVIEMBRE | 45       | UNIDAD | 65             | \$ 2.945            |
| INVERSION RIEGO      | COPLAS GROMIT    | NOVIEMBRE | 90       | UNIDAD | 36             | \$ 3.213            |
| INVERSION RIEGO      | TERMINALES       | NOVIEMBRE | 45       | UNIDAD | 36             | \$ 1.607            |
| INVERSION RIEGO      | LLAVES           | NOVIEMBRE | 2        | UNIDAD | 12.000         | \$ 24.000           |
| INVERSION RIEGO      | CABEZAL          | NOVIEMBRE | 1        | UNIDAD | 70.000         | \$ 70.000           |
| <b>Total insumos</b> |                  |           |          |        |                | <b>\$ 1.150.899</b> |

| Costos directos                                       | Mes              | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|-------------------------------------------------------|------------------|----------|--------|----------------|-------------------|
| <b>Mano de obra (a)</b>                               |                  |          |        |                |                   |
| RIEGO                                                 | NOVIEMBRE        | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| COSECHA                                               | ABRIL            | 48,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 133.344        |
| APORCA                                                | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                            | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 44.448         |
| TRACTORISTAS (CORRESPONDE A LA PREPARACIÓN DEL SUELO) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H    | \$ 2.778       | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                             |                  |          |        |                | <b>\$ 316.692</b> |

| Maquinaria (b)          |       |     |    |        |               |
|-------------------------|-------|-----|----|--------|---------------|
| ARADURA                 |       | 1,0 | HR | 35.000 | 35.000        |
| RASTRAJES               | JUNIO | 1,0 | HR | 35.000 | 35.000        |
| <b>Total maquinaria</b> |       |     |    |        | <b>70.000</b> |

| Insumos (c)                             |            |     |          |           |                   |
|-----------------------------------------|------------|-----|----------|-----------|-------------------|
| <b>Semilla</b>                          |            |     |          |           |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE | MARZO      | 600 | Kg       | \$ 740    | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                   |            |     |          |           |                   |
| NITROGENO 100KG/HA                      | SEPTIEMBRE | 49  | Kg       | \$ 505    | \$ 24.745         |
| FOSFORO 300KG/HA                        | SEPTIEMBRE | 146 | Kg       | \$ 526    | \$ 76.533         |
| POTASIO 300KG/HA                        | SEPTIEMBRE | 146 | Kg       | \$ 378    | \$ 54.999         |
| <b>Otros:</b>                           |            |     |          |           |                   |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE  | 59  | UNIDAD   | \$ 131    | \$ 7.723          |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA) | AGOSTO     | 1   | ANÁLISIS | \$ 52.350 | \$ 52.350         |
| FLETE SEMILLAS                          |            | 1   | GL       | 72.000    | \$ 72.000         |
| FLETE OTROS INSUMOS                     |            | 1   | GL       | 25.531    | \$ 25.531         |
| COMBUSTIBLE RIEGO (60 litros/mes)       | NOVIEMBRE  | 60  | LTS      | 716       | \$ 193.320        |
| <b>Total insumos</b>                    |            |     |          |           | <b>\$ 951.201</b> |

|                                         |  |  |  |  |                     |
|-----------------------------------------|--|--|--|--|---------------------|
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>    |  |  |  |  | <b>1.337.893</b>    |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b> |  |  |  |  | <b>\$ 66.895</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                     |  |  |  |  | <b>\$ 1.404.788</b> |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2016-2017)

### Escenario 2 – Solo Riego

| FICHA TÉCNICO - ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |                  |                               |               |                |              |
|-------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------|---------------|----------------|--------------|
| PAPA                                                  |                  |                               |               |                |              |
| SOLO RIEGO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE             |                  |                               |               |                |              |
| Análisis para 2000 M2                                 |                  | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$            | 1.504.000      |              |
| Año agrícola: 2015-2016                               |                  | Costos directos:              | \$            | 1.308.886      |              |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                                 |                  | Costos Totales:               | \$            | 1.374.331      |              |
| Precio promedio:                                      | \$               | 800                           | Margen Bruto: | \$             | 195.114      |
| Rendimiento (kg/2000m2):                              |                  | 1.880                         | Margen Neto:  | \$             | 129.669      |
|                                                       |                  |                               | Vida Útil:    | 10 años        |              |
| Costos directos                                       |                  |                               |               |                |              |
| Mano de obra (a)                                      | Mes              | Cantidad                      | Unidad        | Precio (\$/Un) | Valor (\$)   |
| RIEGO                                                 | NOVIEMBRE        | 24,0                          | H/H           | 2.778          | \$ 66.672    |
| COSECHA                                               | ABRIL            | 48,0                          | H/H           | 2.778          | \$ 133.344   |
| APORCA                                                | ENERO            | 24,0                          | H/H           | 2.778          | \$ 66.672    |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                            | NOVIEMBRE        | 16,0                          | H/H           | 2.778          | \$ 44.448    |
| TRACTORISTAS (CORRESPONDE A LA PREPARACIÓN DEL SUELO) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0                           | H/H           | 2.778          | \$ 5.556     |
| Total mano de obra                                    |                  |                               |               |                | \$ 316.692   |
| Maquinaria (b)                                        |                  |                               |               |                |              |
| ARADURA                                               | JUNIO            | 1,0                           | HR            | 35.000         | \$ 35.000    |
| RASTRAJES                                             | SEPTIEMBRE       | 1,0                           | HR            | 35.000         | \$ 35.000    |
| Total maquinaria                                      |                  |                               |               |                | \$ 70.000    |
| Insumos (c)                                           |                  |                               |               |                |              |
| Semilla                                               |                  |                               |               |                | \$ -         |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE               | MARZO            | 600                           | Kg            | 740            | \$ 444.000   |
| Fertilizantes:                                        |                  |                               |               |                |              |
| NITROGENO 100KG/HA                                    | SEPTIEMBRE       | 49                            | Kg            | 371            | \$ 18.179    |
| FOSFORO 300KG/HA                                      | SEPTIEMBRE       | 145,5                         | Kg            | 442            | \$ 64.311    |
| POTASIO 300KG/HA                                      | SEPTIEMBRE       | 145,5                         | Kg            | 438            | \$ 63.729    |
| Otros:                                                |                  |                               |               |                |              |
| SACOS PAPEROS                                         | AGOSTO           |                               | análisis      |                | \$ 52.350    |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA)               | NOVIEMBRE        | 38,0                          | UNIDAD        | 131            | \$ 4.974     |
| FLETE SEMILLAS                                        |                  |                               | GL            |                | \$ 72.000    |
| FLETE OTROS INSUMOS                                   |                  |                               | GL            |                | \$ 25.531    |
| COMBUSTIBLE RIEGO (60 litros/mes)                     | 4,5 meses        | 60,0                          | litros        | 656            | \$ 177.120   |
| Total insumos                                         |                  |                               |               |                | \$ 922.194   |
| Total costos directos (a+b+c)                         |                  |                               |               |                | 1.308.886    |
| Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)                      |                  |                               |               |                | \$ 65.444    |
| TOTAL COSTOS                                          |                  |                               |               |                | \$ 1.374.331 |



## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2017-2018)

### Escenario 2 – Solo Riego

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE<br>PARA<br>SOLO RIEGO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE |                               |          |           |                |            |                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|-----------|----------------|------------|------------------|
| Análisis para 2000 M <sup>2</sup>                                                                        | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$       | 576.000   |                |            |                  |
| Año agrícola: 2015-2016                                                                                  | Costos directos:              | \$       | 1.301.215 |                |            |                  |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                                                                                    | Costos Totales:               | \$       | 1.366.275 |                |            |                  |
| Precio promedio:                                                                                         | \$800 Margen Bruto:           | \$       | -725.215  |                |            |                  |
| Rendimiento (kg/2000m <sup>2</sup> ):                                                                    | 720 Margen Neto:              | \$       | -790.275  |                |            |                  |
|                                                                                                          | Vida Útil:                    |          | 10 años   |                |            |                  |
| Costos directos                                                                                          |                               |          |           |                |            |                  |
| Mano de obra (a)                                                                                         | Mes                           | Cantidad | Unidad    | Precio (\$/Un) | Valor (\$) |                  |
| RIEGO                                                                                                    | NOVIEMBRE                     | 24       | H/H       | \$ 2.778       | \$         | 66.672           |
| COSECHA                                                                                                  | ABRIL                         | 48       | H/H       | \$ 2.778       | \$         | 133.344          |
| APORCA                                                                                                   | ENERO                         | 24       | H/H       | \$ 2.778       | \$         | 66.672           |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN                                                                               | NOVIEMBRE                     | 16       | H/H       | \$ 2.778       | \$         | 44.448           |
| TRACTORISTAS (CORRESPONDE A LA PREPARACIÓN DEL SUELO)                                                    | JUNIO-SEPTIEMBRE              | 2        | H/H       | \$ 2.778       | \$         | 5.556            |
| <b>Total mano de obra</b>                                                                                |                               |          |           |                | \$         | <b>316.692</b>   |
| Maquinaria (b)                                                                                           |                               |          |           |                |            |                  |
| ARADURA                                                                                                  | JUNIO                         | 1        | HR        | \$ 35.000      | \$         | 35.000           |
| RASTRAJES                                                                                                | SEPTIEMBRE                    | 1        | HR        | \$ 35.000      | \$         | 35.000           |
| <b>Total maquinaria</b>                                                                                  |                               |          |           |                | \$         | <b>70.000</b>    |
| Insumos (c)                                                                                              |                               |          |           |                |            |                  |
| <b>Semilla</b>                                                                                           |                               |          |           |                |            |                  |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE                                                                  | MARZO                         | 600      | Kg        | \$ 740         | \$         | 444.000          |
| <b>Fertilizantes:</b>                                                                                    |                               |          |           |                |            |                  |
| NITROGENO 100KG/HA                                                                                       | SEPTIEMBRE                    | 49       | Kg        | \$ 351         | \$         | 17.199           |
| FOSFORO 300KG/HA                                                                                         | SEPTIEMBRE                    | 146      | Kg        | \$ 438         | \$         | 63.729           |
| POTASIO 300KG/HA                                                                                         | SEPTIEMBRE                    | 146      | Kg        | \$ 400         | \$         | 58.200           |
| <b>Otros:</b>                                                                                            |                               |          |           |                |            |                  |
| ANÁLISIS DE SUELO                                                                                        | AGOSTO                        |          | ANÁLISIS  | \$ 52.350      | \$         | 52.350           |
| SACOS PAPEROS                                                                                            | NOVIEMBRE                     | 15       | UNIDAD    | \$ 131         | \$         | 1.964            |
| FLETE SEMILLAS                                                                                           |                               |          | GL        | \$ 72.000      | \$         | 72.000           |
| FLETE OTROS INSUMOS                                                                                      |                               |          | GL        | \$ 25.531      | \$         | 25.531           |
| COMBUSTIBLE RIEGO (60 litros/mes)                                                                        | NOVIEMBRE                     | 60       | LTS       | \$ 665         | \$         | 179.550          |
| <b>Total insumos</b>                                                                                     |                               |          |           |                | \$         | <b>914.523</b>   |
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>                                                                     |                               |          |           |                |            | <b>1.301.215</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b>                                                                  |                               |          |           |                | \$         | <b>65.061</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                                                                                      |                               |          |           |                | \$         | <b>1.366.275</b> |
| Mantenión                                                                                                |                               |          |           |                |            |                  |
| MANTENCIÓN RIEGO                                                                                         | NOVIEMBRE                     | 672      | GL        | \$ 286         | \$         | 191.923          |
| <b>Total Mantenión</b>                                                                                   |                               |          |           |                | \$         | <b>191.923</b>   |

## VAN CALCULADO PARA EL ESCENARIO 2

Considerando una tasa de retorno de 8,76%

| Años                     | Inversión    | Beneficios   | Costos       | Mantenición | Flujo operacional |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|
| 0                        | \$ 1.150.899 |              |              |             | \$ -1.150.899     |
| 1                        |              | \$ 2.336.000 | \$ 1.404.788 |             | \$ 931.212        |
| 2                        |              | \$ 1.504.000 | \$ 1.374.331 |             | \$ 129.669        |
| 3                        |              | \$ 576.000   | \$ 1.366.275 |             | \$ -982.198       |
| 4                        |              | \$ 1.656.851 | \$ 1.381.798 | \$ 191.923  | \$ 275.053        |
| 5                        |              | \$ 1.706.582 | \$ 1.381.798 |             | \$ 324.784        |
| 6                        |              | \$ 1.757.807 | \$ 1.381.798 |             | \$ 184.086        |
| 7                        |              | \$ 1.810.569 | \$ 1.381.798 |             | \$ 428.771        |
| 8                        |              | \$ 1.864.914 | \$ 1.381.798 | \$ 191.923  | \$ 483.116        |
| 9                        |              | \$ 1.920.891 | \$ 1.381.798 |             | \$ 539.093        |
| 10                       |              | \$ 1.978.548 | \$ 1.381.798 |             | \$ 596.750        |
| <b>VAN del ejercicio</b> |              |              |              |             | <b>\$ 568.565</b> |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2015-2016)

### Escenario 3 – Sólo Cortaviento Inversión Inicial

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |                               |    |           |  |  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|----|-----------|--|--|
| PAPA                                                |                               |    |           |  |  |
| SOLO CORTAVIENTO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE     |                               |    |           |  |  |
| Análisis para 2000 M2                               | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$ | 6.464.000 |  |  |
| Año agrícola: 2015-2016                             | Costos directos:              | \$ | 1.275.535 |  |  |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                               | Costos Totales:               | \$ | 1.339.312 |  |  |
| Precio promedio (\$/kg):                            | Margen Bruto:                 | \$ | 5.188.465 |  |  |
| Rendimiento (kg/2000m2):                            | Margen Neto:                  | \$ | 5.124.688 |  |  |
|                                                     | Vida Útil:                    |    | 10 años   |  |  |

| Inversiones            |                          |            | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$) |
|------------------------|--------------------------|------------|----------|--------|----------------|------------|
| INVERSIÓN CORTA VIENTO | POSTES                   | SEPTIEMBRE | 56,0     | UNIDAD | \$ 11.900      | 666.400    |
| INVERSIÓN CORTA VIENTO | CLAVE PARA TENSIÓN MALLA | SEPTIEMBRE | 1,0      | ROLLO  | \$ 111.066     | 111.066    |
| INVERSIÓN CORTA VIENTO | MALLA                    | SEPTIEMBRE | 160,0    | M      | \$ 1.416       | 226.576    |
| Total insumos          |                          |            |          |        |                | 1.004.042  |

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |                               |    |           |  |  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|----|-----------|--|--|
| PAPA                                                |                               |    |           |  |  |
| SOLO CORTAVIENTO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE     |                               |    |           |  |  |
| Análisis para 2000 M2                               | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$ | 6.464.000 |  |  |
| Año agrícola: 2015-2016                             | Costos directos:              | \$ | 1.275.535 |  |  |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                               | Costos Totales:               | \$ | 1.339.312 |  |  |
| Precio promedio (\$/kg):                            | Margen Bruto:                 | \$ | 5.188.465 |  |  |
| Rendimiento (kg/2000m2):                            | Margen Neto:                  | \$ | 5.124.688 |  |  |
|                                                     | Vida Útil:                    |    | 10 años   |  |  |

| Costos directos                      | Mes              | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$) |
|--------------------------------------|------------------|----------|--------|----------------|------------|
| Mano de obra (a)                     |                  |          |        |                |            |
| INSTALACIÓN CORTAVIENTO              | SEPTIEMBRE       | 200,0    | H/H    | \$ 1.000       | \$ 200.000 |
| COSECHA                              | ABRIL            | 48,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 133.344 |
| APORCA                               | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672  |
| PLANTACIÓN Y FERTILIZACIÓN           | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 44.448  |
| TRACTORISTAS - PREPARACIÓN DEL SUELO | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H    | \$ 2.778       | \$ 5.556   |
| Total mano de obra                   |                  |          |        |                | \$ 450.020 |

| Maquinaria (b)   |            |     |    |           |           |
|------------------|------------|-----|----|-----------|-----------|
| ARADADURA        | JUNIO      | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000 |
| RASTRAJES        | SEPTIEMBRE | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000 |
| Total maquinaria |            |     |    |           | \$ 70.000 |

| Insumos (c)                             |           |       |          |        |            |
|-----------------------------------------|-----------|-------|----------|--------|------------|
| Semilla                                 |           |       |          |        |            |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE | MARZO     | 600   | Kg       | \$ 740 | \$ 444.000 |
| Fertilizantes:                          |           |       |          |        |            |
| NITROGENO 100KG/HAS                     | NOVIEMBRE | 49    | Kg       | \$ 505 | \$ 24.745  |
| FOSFORO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 526 | \$ 76.533  |
| POTASIO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 378 | \$ 54.999  |
| Otros:                                  |           |       |          |        |            |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE | 162   | UNIDAD   | \$ 131 | \$ 21.206  |
| FLETES SEMILLAS                         |           |       | GL       |        | \$ 72.000  |
| FLETES OTROS INSUMOS                    |           |       | GL       |        | \$ 9.682   |
| ANÁLISIS DE SUELO (FERTILIDAD COMPLETA) | AGOSTO    |       | ANÁLISIS |        | \$ 52.350  |
| Total insumos                           |           |       |          |        | 755.515    |

|                                  |              |
|----------------------------------|--------------|
| Total costos directos (a+b+c)    | 1.275.535    |
| Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS) | \$ 63.777    |
| TOTAL COSTOS                     | \$ 1.339.312 |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2016-2017)

### Escenario 3 – Sólo Cortaviento

#### FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE PAPA SOLO CORTAVIENTO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE

|                                                 |                                    |                     |
|-------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|
| <b>Análisis para 2000 m<sup>2</sup></b>         | <b>Ingreso 2000 m<sup>2</sup>:</b> | <b>\$ 2.576.000</b> |
| <b>Año agrícola: 2016-2017</b>                  | <b>Costos directos:</b>            | <b>\$ 1.104.271</b> |
| <b>Comuna: LAGUNA BLANCA</b>                    | <b>Costos Totales:</b>             | <b>\$ 1.159.485</b> |
| <b>Precio promedio:</b> \$/kg \$ 800            | <b>Margen Bruto:</b>               | <b>\$ 1.471.729</b> |
| <b>JH: Jornada hombre (N° trabajadores/ha)</b>  | <b>Margen Neto:</b>                | <b>\$ 1.416.515</b> |
| <b>Rendimiento (kg/2000m<sup>2</sup>): 3220</b> | <b>Vida Útil:</b>                  | <b>4 años</b>       |

#### Costos directos

| Mano de obra (a)                                     |                  |      |     |          |                   |
|------------------------------------------------------|------------------|------|-----|----------|-------------------|
| Mantenimiento cortaviento                            | SEPTIEMBRE       | 60,0 | H/H | \$ 1.000 | \$ 60.000         |
| Cosecha                                              | ABRIL            | 48,0 | H/H | \$ 2.778 | \$ 133.344        |
| Aporca                                               | ENERO            | 24,0 | H/H | \$ 2.778 | \$ 66.672         |
| Plantación y Fertilización                           | NOVIEMBRE        | 16,0 | H/H | \$ 2.778 | \$ 44.448         |
| Tractoristas (corresponde a la preparación de suelo) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0  | H/H | \$ 2.778 | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                            |                  |      |     |          | <b>\$ 310.020</b> |

#### Maquinaria (b)

|                         |            |     |    |           |                  |
|-------------------------|------------|-----|----|-----------|------------------|
| Aradura                 | JUNIO      | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| Rastrajes               | SEPTIEMBRE | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| <b>Total maquinaria</b> |            |     |    |           | <b>\$ 70.000</b> |

#### Insumos (c)

|                                         |           |       |          |           |                   |
|-----------------------------------------|-----------|-------|----------|-----------|-------------------|
| <b>Semilla</b>                          |           |       |          |           |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE | MARZO     | 600   | Kg       | \$ 740    | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                   |           |       |          |           |                   |
| NITROGENO 100KG/HAS                     | NOVIEMBRE | 49,0  | Kg       | \$ 371    | \$ 18.179         |
| FOSFORO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 442    | \$ 64.311         |
| POTASIO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 438    | \$ 63.729         |
| <b>Otros:</b>                           |           |       |          |           |                   |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE | 0,0   | UNIDAD   | \$ 131    | \$ -              |
| Análisis de suelo (fertilidad completa) | AGOSTO    | 1,0   | ANÁLISIS | \$ 52.350 | \$ 52.350         |
| Flete semilla                           |           |       | GL       |           | \$ 72.000         |
| Flete otros insumos                     |           |       | GL       |           | \$ 9.682          |
| <b>Total insumos</b>                    |           |       |          |           | <b>\$ 724.251</b> |

|                                         |                     |
|-----------------------------------------|---------------------|
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>    | <b>1.104.271</b>    |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b> | <b>\$ 55.214</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                     | <b>\$ 1.159.485</b> |

#### Mantenimiento Cortinas

|                            |           |      |    |       |                   |
|----------------------------|-----------|------|----|-------|-------------------|
| MANTENCIÓN CORTINAS        | NOVIEMBRE | 65,1 | GL | 4.134 | \$ 269.133        |
| <b>Total Mantenimiento</b> |           |      |    |       | <b>\$ 269.133</b> |



## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2017-2018)

### Escenario 3 – Sólo Cortaviento

#### FICHA TÉCNICO - ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE PAPA SOLO CORTAVIENTO + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE

|                                                |              |                                    |                                   |
|------------------------------------------------|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Análisis para 2000 M2</b>                   |              | <b>Ingreso 2000 m<sup>2</sup>:</b> | <b>\$ 5.664.000</b>               |
| <b>Año agrícola: 2017-2018</b>                 |              | <b>Costos directos:</b>            | <b>\$ 1.097.180</b>               |
| <b>Comuna: LAGUNA BLANCA</b>                   |              | <b>Costos Totales:</b>             | <b>\$ 1.152.039</b>               |
| <b>Precio promedio:</b>                        | <b>\$/kg</b> | <b>800</b>                         | <b>Margen Bruto: \$ 4.566.820</b> |
| <b>JH: Jornada hombre (N° trabajadores/ha)</b> |              |                                    | <b>Margen Neto: \$ 4.511.961</b>  |
| <b>Rendimiento (kg/2000m2):</b>                |              | <b>7.080</b>                       | <b>Vida Útil: 4 años</b>          |

| Costos directos                                      | Mes              | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|------------------------------------------------------|------------------|----------|--------|----------------|-------------------|
| <b>Mano de obra (a)</b>                              |                  |          |        |                |                   |
| Mantenión cortaviento                                | SEPTIEMBRE       | 60,0     | H/H    | 1.000          | \$ 60.000         |
| Cosecha                                              | ABRIL            | 48,0     | H/H    | 2.778          | \$ 133.344        |
| Aporca                                               | ENERO            | 24,0     | H/H    | 2.778          | \$ 66.672         |
| Plantación y Fertilización                           | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H    | 2.778          | \$ 44.448         |
| Tractoristas (corresponde a la preparación de suelo) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H    | 2.778          | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                            |                  |          |        |                | <b>\$ 310.020</b> |

|                         |            |     |    |           |                  |
|-------------------------|------------|-----|----|-----------|------------------|
| <b>Maquinaria (b)</b>   |            |     |    |           |                  |
| Aradura                 | JUNIO      | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| Rastrajes               | SEPTIEMBRE | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| <b>Total maquinaria</b> |            |     |    |           | <b>\$ 70.000</b> |

|                                         |           |       |          |           |                   |
|-----------------------------------------|-----------|-------|----------|-----------|-------------------|
| <b>Insumos (c)</b>                      |           |       |          |           |                   |
| <b>Semilla</b>                          |           |       |          |           |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE | MARZO     | 600   | Kg       | \$ 740    | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                   |           |       |          |           |                   |
| NITROGENO 100KG/HAS                     | NOVIEMBRE | 49,0  | Kg       | \$ 351    | \$ 17.199         |
| FOSFORO 300KG/HAS                       | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 438    | \$ 63.729         |
| POTASIO 300KG/HAS                       | NOVIEMBRE | 145,5 | Kg       | \$ 400    | \$ 58.200         |
| <b>Otros:</b>                           |           |       |          |           |                   |
| Análisis de suelo (fertilidad completa) | AGOSTO    | 1,0   | ANÁLISIS | \$ 52.350 | \$ 52.350         |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE | 0,0   | UNIDAD   | \$ 131    | \$ -              |
| Flete semilla                           |           |       |          |           | \$ 72.000         |
| Flete otros insumos                     |           |       |          |           | \$ 9.682          |
| <b>Total insumos</b>                    |           |       |          |           | <b>\$ 717.160</b> |

|                                         |                     |
|-----------------------------------------|---------------------|
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>    | <b>\$ 1.097.180</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b> | <b>\$ 54.859</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                     | <b>\$ 1.152.039</b> |

|                        |           |      |    |          |                   |
|------------------------|-----------|------|----|----------|-------------------|
| <b>Mantenión</b>       |           |      |    |          |                   |
| MANTENCIÓN CORTINAS    | NOVIEMBRE | 65,1 | GL | \$ 4.134 | \$ 269.133        |
| <b>Total Mantenión</b> |           |      |    |          | <b>\$ 269.133</b> |

### VAN CALCULADO PARA EL ESCENARIO 3

Considerando una tasa de retorno de 8,76%

| Años                     | Inversión     | Beneficios   | Costos       | Mantenición | Flujo operacional |
|--------------------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|
| 0                        | \$ -1.004.042 |              |              |             | \$ -1.004.042     |
| 1                        |               | \$ 6.464.000 | \$ 1.339.312 |             | \$ 5.124.688      |
| 2                        |               | \$ 2.576.000 | \$ 1.159.485 |             | \$ 1.416.515      |
| 3                        |               | \$ 5.664.000 | \$ 1.152.039 |             | \$ 4.511.961      |
| 4                        |               | \$ 5.516.832 | \$ 1.216.945 | \$ 269.133  | \$ 4.030.754      |
| 5                        |               | \$ 5.682.424 | \$ 1.216.945 |             | \$ 4.465.479      |
| 6                        |               | \$ 5.852.987 | \$ 1.216.945 |             | \$ 4.636.041      |
| 7                        |               | \$ 6.028.668 | \$ 1.216.945 |             | \$ 4.811.723      |
| 8                        |               | \$ 6.209.624 | \$ 1.216.945 | \$ 269.133  | \$ 4.723.546      |
| 9                        |               | \$ 6.396.010 | \$ 1.216.945 |             | \$ 5.179.065      |
| 10                       |               | \$ 6.587.992 | \$ 1.216.945 |             | \$ 5.371.047      |
| <b>VAN del ejercicio</b> |               |              |              |             | \$ 26.866.748     |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2015-2016)

### Escenario 4 – Paquete Tecnológico

| FICHA TÉCNICO - ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |                               |     |               |    |           |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|---------------|----|-----------|
| PAPA                                                  |                               |     |               |    |           |
| PAQUETE TEC + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE            |                               |     |               |    |           |
| Análisis para 2000 M2                                 | Ingreso 2000 m <sup>2</sup> : | \$  | 8.240.000     |    |           |
| Año agrícola: 2015-2016                               | Costos directos:              | \$  | 1.581.522     |    |           |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                                 | Costos Totales:               | \$  | 1.660.598     |    |           |
| Precio promedio (\$/kg)                               | \$                            | 800 | Margen Bruto: | \$ | 6.658.478 |
|                                                       |                               |     | Margen Neto:  | \$ | 6.579.402 |
| Rendimiento (kg/2000m2):                              | 10.300                        |     |               |    |           |

| Costos directos                                   | Mes              | Cantidad | Unidad   | Precio (\$/Un) | Valor (\$)          |
|---------------------------------------------------|------------------|----------|----------|----------------|---------------------|
| <b>Mano de obra (a)</b>                           |                  |          |          |                |                     |
| Riego                                             | NOVIEMBRE        | 15,0     | H/H      | \$ 2.778       | \$ 41.670           |
| Instalación cortaviento                           | SEPTIEMBRE       | 200,0    |          | \$ 1.000       | \$ 200.000          |
| Control manual de malezas                         | ENERO            | 24,0     | H/H      | \$ 2.778       | \$ 66.672           |
| Cosecha                                           | ABRIL            | 48,0     | H/H      | \$ 2.778       | \$ 133.344          |
| Aporca                                            | ENERO            | 24,0     | H/H      | \$ 2.778       | \$ 66.672           |
| Plantación y Fertilización                        | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H      | \$ 2.778       | \$ 44.448           |
| Tractoristas (corresponde a preparación de suelo) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H      | \$ 2.778       | \$ 5.556            |
| <b>Total mano de obra</b>                         |                  |          |          |                | <b>\$ 558.362</b>   |
| <b>Maquinaria (b)</b>                             |                  |          |          |                |                     |
| Aradura                                           | JUNIO            | 1,0      | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| Rastrajes                                         | SEPTIEMBRE       | 1,0      | HR       | \$ 35.000      | \$ 35.000           |
| <b>Total Maquinaria</b>                           |                  |          |          |                | <b>\$ 70.000</b>    |
| <b>Insumos (c)</b>                                |                  |          |          |                |                     |
| <b>Semilla</b>                                    |                  |          |          |                |                     |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARU CORRIENTE           | MARZO            | 600      | Kg       | \$ 740         | \$ 444.000          |
| <b>Fertilizantes:</b>                             |                  |          |          |                |                     |
| NITROGENO 100KG/HAS                               | NOVIEMBRE        | 49       | Kg       | \$ 505         | \$ 24.745           |
| FOSFORO 300KG/HA                                  | NOVIEMBRE        | 146      | Kg       | \$ 526         | \$ 76.533           |
| POTASIO 300KG/HA                                  | NOVIEMBRE        | 146      | Kg       | \$ 378         | \$ 54.999           |
| <b>Otros:</b>                                     |                  |          |          |                |                     |
| SACOS PAPEROS                                     | NOVIEMBRE        | 0        | UNIDAD   | \$ 131         | \$ -                |
| Análisis de suelo (fertilidad completa)           | AGOSTO           | 1        | análisis | \$ 52.350      | \$ 52.350           |
| Flete semilla                                     |                  |          |          |                | \$ 72.000           |
| Flete otros insumos                               |                  |          |          |                | \$ 35.213           |
| Combustible riego (60 litros/mes)                 | NOVIEMBRE        | 60       | lts      | \$ 716         | \$ 193.320          |
| <b>Total insumos</b>                              |                  |          |          |                | <b>\$ 953.160</b>   |
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>              |                  |          |          |                | <b>\$ 1.581.522</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b>           |                  |          |          |                | <b>\$ 79.076</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                               |                  |          |          |                | <b>\$ 1.660.598</b> |
| <b>Mantenición</b>                                |                  |          |          |                |                     |
| MANTENCIÓN RIEGO                                  | NOVIEMBRE        | 672      | GL       | 286            | \$ 191.923          |
| MANTENCIÓN CORTINAS                               | NOVIEMBRE        | 65,1     | GL       | 4.134          | \$ 269.133          |
| <b>Total Mantenición</b>                          |                  |          |          |                | <b>\$ 461.056</b>   |

## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2016-2017)

### Escenario 4 – Paquete Tecnológico

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |       |    |                  |               |           |
|-----------------------------------------------------|-------|----|------------------|---------------|-----------|
| PAPA                                                |       |    |                  |               |           |
| PAQUETE TEC + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE          |       |    |                  |               |           |
| Análisis para 2000 M2                               |       |    | Ingreso 2000 m2: |               | 6.880.000 |
| Año agrícola: 2016-2017                             |       |    | Costos directos: |               | 1.437.779 |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                               |       |    | Costos Totales:  | \$            | 1.509.668 |
| Precio promedio:                                    | \$/kg | \$ | 800              | Margen Bruto: | 5.442.221 |
| Rendimiento (kg/2000m2)                             |       |    | 8.600            | Margen Neto:  | 5.370.332 |

| Costos directos                                      | Mes              | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|------------------------------------------------------|------------------|----------|--------|----------------|-------------------|
| <b>Mano de obra (a)</b>                              |                  |          |        |                |                   |
| Riego                                                | NOVIEMBRE        | 15,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 41.670         |
| Mantenón cortaviento                                 | SEPTIEMBRE       | 60,0     |        | \$ 1.000       | \$ 60.000         |
| Control manual de malezas                            | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| Cosecha                                              | ABRIL            | 48,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 133.344        |
| Aporca                                               | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| Plantación y Fertilización                           | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 44.448         |
| Tractoristas (corresponde a la preparación de suelo) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H    | \$ 2.778       | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                            |                  |          |        |                | <b>\$ 418.362</b> |

|                         |            |     |    |           |                  |
|-------------------------|------------|-----|----|-----------|------------------|
| <b>Maquinaria (b)</b>   |            |     |    |           |                  |
| Aradura                 | JUNIO      | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| Rastrajes               | SEPTIEMBRE | 1,0 | HR | \$ 35.000 | \$ 35.000        |
| <b>Total Maquinaria</b> |            |     |    |           | <b>\$ 70.000</b> |

|                                         |           |     |          |           |                   |
|-----------------------------------------|-----------|-----|----------|-----------|-------------------|
| <b>Insumos (c)</b>                      |           |     |          |           |                   |
| <b>Semilla</b>                          |           |     |          |           |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARÚ CORRIENTE | MARZO     | 600 | Kg       | \$ 740    | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                   |           |     |          |           |                   |
| NITROGENO 100KG/HAS                     | NOVIEMBRE | 49  | Kg       | \$ 371    | \$ 18.179         |
| FOSFORO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 146 | Kg       | \$ 442    | \$ 64.311         |
| POTASIO 300KG/HA                        | NOVIEMBRE | 146 | Kg       | \$ 438    | \$ 63.729         |
| <b>Otros:</b>                           |           |     |          |           |                   |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE | 172 | UNIDAD   | \$ 131    | \$ 22.515         |
| Análisis de suelo (fertilidad completa) | AGOSTO    | 1   | ANALISIS | \$ 52.350 | \$ 52.350         |
| Flete semilla                           |           |     | GL       |           | \$ 72.000         |
| Flete otros insumos                     |           |     | GL       |           | \$ 35.213         |
| Combustible riego (60 litros/mes)       | NOVIEMBRE | 60  | LT       | \$ 656    | \$ 177.120        |
| <b>Total insumos</b>                    |           |     |          |           | <b>\$ 949.417</b> |

|                                         |  |  |  |  |                     |
|-----------------------------------------|--|--|--|--|---------------------|
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>    |  |  |  |  | <b>\$ 1.437.779</b> |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b> |  |  |  |  | <b>\$ 71.889</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                     |  |  |  |  | <b>\$ 1.509.668</b> |

|                        |           |      |    |          |                   |
|------------------------|-----------|------|----|----------|-------------------|
| <b>Mantenión</b>       |           |      |    |          |                   |
| MANTENCIÓN RIEGO       | NOVIEMBRE | 672  | GL | \$ 286   | \$ 191.923        |
| MANTENCIÓN CORTINAS    | NOVIEMBRE | 65,1 | GL | \$ 4.134 | \$ 269.133        |
| <b>Total Mantenión</b> |           |      |    |          | <b>\$ 461.056</b> |



## ANEXO 1: FICHAS TÉCNICO – ECONÓMICAS SEGÚN ESCENARIO Y TEMPORADA PRODUCTIVA (2017-2018)

### Escenario 4 – Paquete Tecnológico

| FICHA TÉCNICO ECONÓMICA TRATAMIENTO PARA KAMPENAIKE |       |                  |               |           |           |  |
|-----------------------------------------------------|-------|------------------|---------------|-----------|-----------|--|
| PAPA                                                |       |                  |               |           |           |  |
| PAQUETE TEC + VARIEDAD KARÚ + FERTILIZANTE          |       |                  |               |           |           |  |
| Análisis para 2000 M2                               |       | Ingreso 2000 m2: |               | 7.200.000 |           |  |
| Año agrícola: 2017-2018                             |       | Costos directos: | \$            | 1.410.603 |           |  |
| Comuna: LAGUNA BLANCA                               |       | Costos Totales:  | \$            | 1.481.133 |           |  |
| Precio promedio:                                    | \$/kg | 800              | Margen Bruto: | \$        | 5.789.397 |  |
| Rendimiento (kg/2000m2)                             |       | 9.000            | Margen Neto:  | \$        | 5.718.867 |  |

| Costos directos                                      | Mes              | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|------------------------------------------------------|------------------|----------|--------|----------------|-------------------|
| Mano de obra (a)                                     |                  |          |        |                |                   |
| Riego                                                | NOVIEMBRE        | 15,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 41.670         |
| Mantenimiento cortaviento                            | SEPTIEMBRE       | 60,0     | H/H    | \$ 1.000       | \$ 60.000         |
| Control manual de malezas                            | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| Cosecha                                              | ABRIL            | 48,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 133.344        |
| Aporca                                               | ENERO            | 24,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 66.672         |
| Plantación y Fertilización                           | NOVIEMBRE        | 16,0     | H/H    | \$ 2.778       | \$ 44.448         |
| Tractoristas (corresponde a la preparación de suelo) | JUNIO-SEPTIEMBRE | 2,0      | H/H    | \$ 2.778       | \$ 5.556          |
| <b>Total mano de obra</b>                            |                  |          |        |                | <b>\$ 418.362</b> |

| Maquinaria (b) | Mes        | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)       |
|----------------|------------|----------|--------|----------------|------------------|
| Aradura        | JUNIO      | 1,0      | HR     | \$ 35.000      | \$ 35.000        |
| Rastrajes      | SEPTIEMBRE | 1,0      | HR     | \$ 35.000      | \$ 35.000        |
| <b>Total</b>   |            |          |        |                | <b>\$ 70.000</b> |

| Insumos (c)                             | Mes       | Cantidad | Unidad   | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|-----------------------------------------|-----------|----------|----------|----------------|-------------------|
| <b>Semilla</b>                          |           |          |          |                |                   |
| SEMILLA DE PAPA VARIEDAD KARÚ CORRIENTE | MARZO     | 600      | KG       | \$ 740         | \$ 444.000        |
| <b>Fertilizantes:</b>                   |           |          |          |                |                   |
| NITROGENO 100KG/HAS                     | NOVIEMBRE | 49       | KG       | \$ 351         | \$ 17.199         |
| FOSFORO 300KG/HAS                       | NOVIEMBRE | 146      | KG       | \$ 438         | \$ 63.729         |
| POTASIO 300KG/HAS                       | NOVIEMBRE | 146      | KG       | \$ 400         | \$ 58.200         |
| <b>Otros:</b>                           |           |          |          |                |                   |
| SACOS PAPEROS                           | NOVIEMBRE | 0        | UNIDAD   | \$ 131         | \$ -              |
| Análisis de suelo (fertilidad completa) | AGOSTO    | 1        | ANÁLISIS | \$ 52.350      | \$ 52.350         |
| Flete semilla                           |           | 1        | GL       | \$ 72.000      | \$ 72.000         |
| Flete otros insumos                     |           | 1        | GL       | \$ 35.213      | \$ 35.213         |
| Combustible riego (60 litros/mes)       | NOVIEMBRE | 60       | lts      | \$ 665         | \$ 179.550        |
| <b>Total insumos</b>                    |           |          |          |                | <b>\$ 922.241</b> |

|                                         |                     |
|-----------------------------------------|---------------------|
| <b>Total costos directos (a+b+c)</b>    | <b>1.410.603</b>    |
| <b>Imprevistos (5% COSTOS DIRECTOS)</b> | <b>\$ 70.530</b>    |
| <b>TOTAL COSTOS</b>                     | <b>\$ 1.481.133</b> |

| Mantenimiento              | Mes       | Cantidad | Unidad | Precio (\$/Un) | Valor (\$)        |
|----------------------------|-----------|----------|--------|----------------|-------------------|
| MANTENCIÓN RIEGO           | NOVIEMBRE | 672      | GL     | \$ 286         | \$ 191.923        |
| MANTENCIÓN CORTINAS        | NOVIEMBRE | 65,1     | GL     | \$ 4.134       | \$ 269.133        |
| <b>Total Mantenimiento</b> |           |          |        |                | <b>\$ 461.056</b> |

## VAN CALCULADO PARA EL ESCENARIO 4

Considerando una tasa de retorno de 8,76%

| Años                     | Inversión    | Beneficios    | Costos       | Mantenición | Flujo operacional    |
|--------------------------|--------------|---------------|--------------|-------------|----------------------|
| 0                        | \$ 2.154.941 |               |              |             | \$ -2.154.941        |
| 1                        |              | \$ 8.240.000  | \$ 1.660.598 |             | \$ 6.579.402         |
| 2                        |              | \$ 6.880.000  | \$ 1.509.668 |             | \$ 5.370.332         |
| 3                        |              | \$ 7.200.000  | \$ 1.481.133 | \$ 191.923  | \$ 5.526.944         |
| 4                        |              | \$ 8.374.299  | \$ 1.550.466 | \$ 269.133  | \$ 6.554.700         |
| 5                        |              | \$ 8.625.660  | \$ 1.550.466 |             | \$ 7.075.194         |
| 6                        |              | \$ 8.884.566  | \$ 1.550.466 | \$ 191.923  | \$ 7.142.177         |
| 7                        |              | \$ 9.151.243  | \$ 1.550.466 | \$ 269.133  | \$ 7.331.644         |
| 8                        |              | \$ 9.425.925  | \$ 1.550.466 |             | \$ 7.875.459         |
| 9                        |              | \$ 9.708.852  | \$ 1.550.466 |             | \$ 8.158.385         |
| 10                       |              | \$ 10.000.270 | \$ 1.550.466 |             | \$ 8.449.804         |
| <b>VAN del ejercicio</b> |              |               |              |             | <b>\$ 41.956.698</b> |

## LITERATURA CONSULTADA

Tapia C., B., 2018. Boletín de la Papa. Septiembre 2018. ODEPA ([www.odepa.cl](http://www.odepa.cl)). Min. Agricultura. 17 p.





## GLOSARIO

**Aovado:** que tiene forma de huevo.

**Antagonista:** microorganismos que tienen la capacidad de ejercer un efecto de control biológico sobre diferentes patógenos.

**Amplexicaule:** referido a las hojas, cuando éstas abrazan por su base al tallo.

**Ápice:** extremo superior o punta de la hoja, del fruto, etc.

**Aquenio:** fruto seco que contiene una sola semilla, cuya envoltura externa no está soldada a la misma.

**Bipinnadas:** hojas compuestas en las que cada una de las hojuelas se vuelve a dividir a su vez en hojuelas más pequeñas.

**Cancro:** es una lesión generalmente hundida, necrosada en ramas, tallos o ramillas de una planta.

**Cosmopolita:** insectos que se encuentran distribuidos en todo el mundo.

**Clorosis:** pérdida del color verde en las plantas.

**Decumbente:** dicese de lo que está inclinado, y principalmente de los tallos no erguidos y con tendencia a echarse sobre el suelo.

**Ecllosionar:** “abrirse o romperse” un huevo al nacer la cría que se ha desarrollado en su interior.

**Entomopatógeno:** microorganismo que es capaz de causar una enfermedad al insecto plaga, conduciéndolo a su muerte después de un corto período de incubación.

**Esclerocio:** masa compacta de micelio endurecido que contiene reservas alimenticias para sobrevivir en periodos ambientales extremos.

**Espora:** célula vegetal reproductora que no necesita ser fecundada.

**Estoma:** pequeños orificios o poros de las plantas, que permiten el intercambio gaseoso de las hojas.



**Folíolo:** hoja o parte de una hoja compuesta.

**Fusiforme:** organismos en forma de huso, es decir, con forma alargada, elipsoide y con las extremidades más estrechas que el centro.

**Glabro:** sin pelo.

**Glomérulo:** inflorescencia globosa y muy contraída.

**Hifa:** filamento microscópico, que reunido con otros filamentos forman un micelio.

**Hispido:** cubierto por pelos ásperos y rígidos.

**Hoja sésil:** hoja que carece de pecíolo.

**Hola caulinar:** hoja que sale directamente del tallo.

**Hospedero, hospedante:** organismo que alberga a otro en su interior.

**Inóculo:** microorganismos capaces de provocar infección cuando se transfieren a un huésped.

**Lanceolado:** con forma de lanza, es decir con forma elíptica y alargada, y estrechado en el ápice y la base.

**Lenticela:** estructuras que aseguran la entrada de oxígeno y el intercambio gaseoso entre los tejidos internos y el exterior.

**Limbo:** parte laminar de la hoja; sinónimo de lámina.

**Lirada:** hoja que tiene los lóbulos pequeños en la parte inferior y uno más redondeado en la superior.

**Lóbulo:** porción saliente y redondeada de una hoja u otro órgano de los vegetales.

**Micelio:** aparato vegetativo de los hongos que le sirve para nutrirse, constituido por hifas.

**Necrosis:** muerte prematura de las células de un tejido.

**Ninfas:** joven insecto que abandona el huevo en un estado relativamente avanzado de desarrollo morfológico, diferenciándose del adulto por no poseer alas ni genitalia funcional, vive en el mismo hábitat que el adulto y con igual régimen alimenticio, aunque de menor tamaño.

**Oblonga:** hojas alargadas, más largas que anchas.

**Oospora:** espora de pared gruesa.

**Ovipuestos:** proceso de implantación o difusión de huevos plenamente desarrollados a partir del cuerpo de la hembra.

**Obovado:** con el contorno ovado, con forma de huevo, pero con la parte más ancha en la zona apical.

**Pappus:** conjunto de pelos o escamas, de naturaleza plumosa, que corona el fruto de muchas plantas de la familia de las Compuestas-Asteráceas, facilitando con la ayuda del viento la dispersión de las semillas.

**Parasitoide:** insecto que completa su desarrollo a expensas de otro, alimentándose internamente de sus órganos o tejido y eventualmente matando el huésped.

**Patógeno:** agente biológico capaz de producir enfermedad.

**Partenogénesis:** forma de reproducción basada en el desarrollo de células sexuales femeninas no fecundadas.

**Pecíolo:** parte de la hoja que une el limbo al tallo.

**Pedúnculo:** eje principal de una inflorescencia.

**Pinnatífida:** hoja con nerviación pinnada, con el limbo dividido en lóbulos que como mucho llegan a la mitad del espacio entre el margen de la hoja el nervio medio.

**Polífago:** conjunto de organismos que poseen una alimentación variada. En el caso de pulgones, son aquellos que pueden acudir y dañar a cualquier tipo de planta.

**Pubescente:** cualquier órgano vegetal (hoja, fruto) o conjunto que presenta su superficie vellosa, cubierta de pelos finos y suaves.

**Sagitada:** hoja puntiaguda con dos lóbulos divergentes en la base.

**Saprófito:** organismos que se alimentan de sustancias orgánicas en estado de descomposición.

**Semilla certificada:** es aquella que ha sido sometida a un proceso de producción, supervisado por un organismo competente, que garantiza que ella mantiene satisfactoria identidad y pureza varietal y que cumple con los requisitos que establece el reglamento de la Ley de Semillas.

**Senectud:** envejecimiento.

**Semilla corriente:** es la que sin ser certificada cumple con los requisitos que establece el reglamento de la Ley de Semillas y que incluye resoluciones que obligan a su inscripción en el Servicio.

**Semilla legal:** se establece cómo semilla legal al uso de semilla certificada o corriente de papa.

**Silícula:** fruto en cápsula similar a la silicua, pero más corto.

**Silicua:** fruto seco alargado, cuya longitud es al menos el triple que la anchura (es decir, a modo de “vaina”).







ISSN 0717 - 4829