

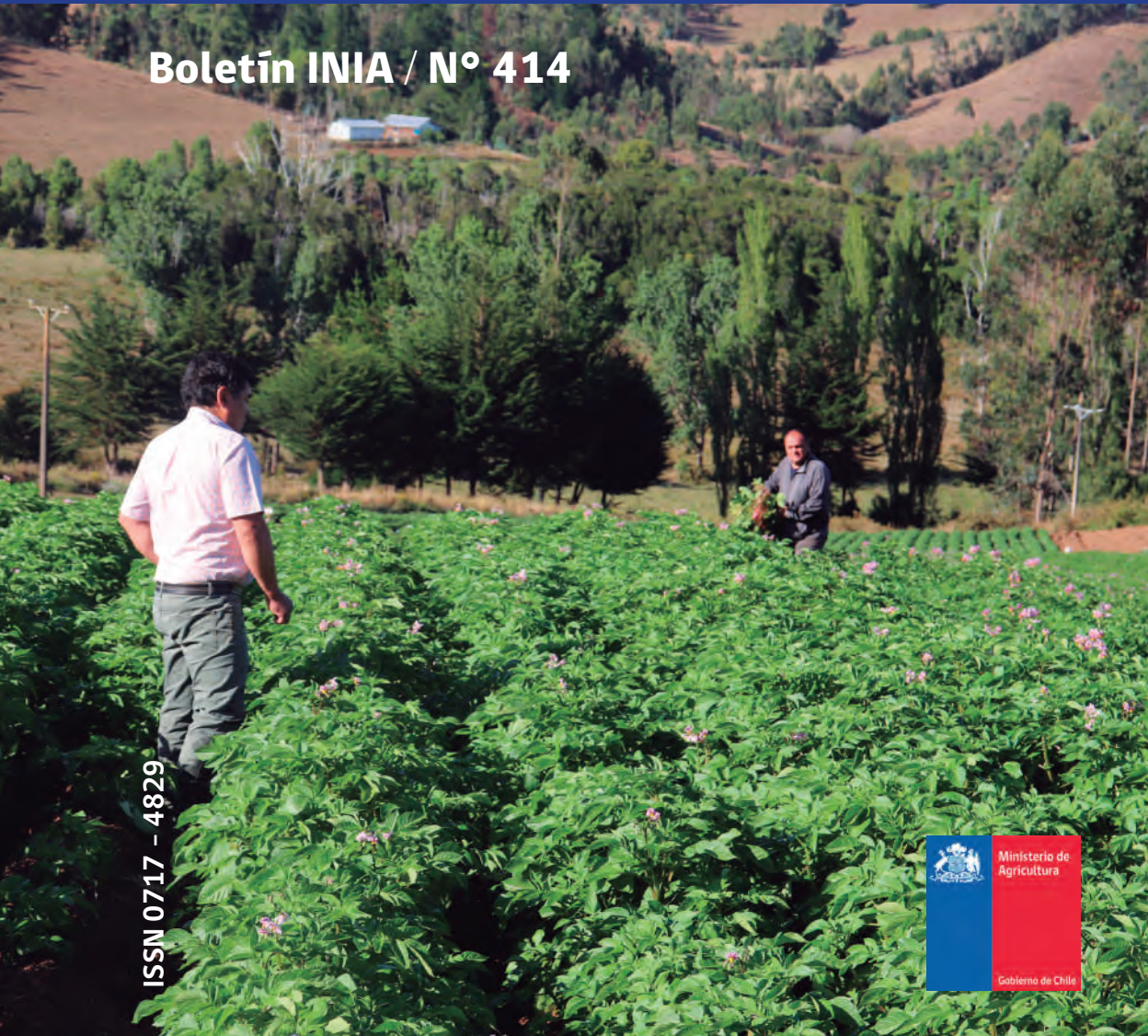


Producción de Papa para el Convenio Tranapuate

Editor: Patricio Méndez Leal

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / N° 414



ISSN 0717 - 4829





Producción de Papa para el Convenio Tranapunte

Editor:
Patricio Méndez Leal
Ingeniero Agrónomo

INIA Carillanca
Temuco, 2019
Boletín INIA N° 414

ISSN 0717 - 4829



Índice

| | |
|--|-----------|
| Prólogo | 9 |
| 1. Antecedentes Fenológicos Asociados al Manejo del Cultivo de Papa | 11 |
| 1.1 Fenología asociada al manejo agronómico del cultivo | 12 |
| 2. Variedades de Papa | 17 |
| 2.1 Características agronómicas | 18 |
| 2.2 Características comerciales | 19 |
| 2.3 Variedades para consumo fresco | 20 |
| 2.3.1 Variedades de papa de guarda | 20 |
| 2.3.2 Variedades de papa temprana y/o primor | 20 |
| 2.4 Variedades para procesamiento agroindustrial | 20 |
| 3. Evaluación de Variedades de Papa Convenio Tranapunte | 31 |
| 3.1 Producción de papa de guarda | 32 |
| 3.2 Producción papa primor | 33 |
| 3.3 Producción papa guarda en comunas | 34 |
| 3.3.1 Distribución de calibres papa guarda en comunas | 35 |
| 3.3.2 Detalle productivo por variedad en comunas | 36 |
| 4. Antecedentes sobre Fertilización del Cultivo de Papa | 39 |
| 4.1 Generalidades | 40 |
| 4.1.1 Fertilidad del suelo | 40 |
| 4.1.2 Análisis del suelo | 41 |
| 4.1.3 Requerimientos nutricionales del cultivo | 42 |
| 4.2 Factores que afectan los requerimientos de nutrientes | 42 |
| 4.2.1 Rendimiento potencial de tubérculos | 42 |
| 4.2.2 Suelo y factores ambientales | 42 |
| 4.2.3 Enfermedades | 43 |
| 4.3 Criterios para el manejo de nutrientes | 43 |
| 4.3.1 Fertilización del cultivo | 44 |
| 4.3.2 Dosis de fertilización de acuerdo al método racional | 45 |
| 4.3.3 Ejemplo de cálculo de fertilización usando el modelo racional | 46 |
| 4.4 Manejo del nitrógeno | 47 |
| 4.4.1 Consumo de nitrógeno | 47 |
| 4.4.2 Fuentes de nitrógeno disponible | 48 |
| 4.4.3 Recomendaciones de fertilización nitrogenada | 48 |
| 4.4.4 Parcialización de nitrógeno | 49 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.5 | Manejo del fósforo | 49 |
| 4.5.1 | Consumo de fósforo | 50 |
| 4.5.2 | Fertilización fosfatada en papa | 50 |
| 4.5.3 | Criterios de fertilización fosfatada en papa | 51 |
| 4.5.3.1 | Método racional | 51 |
| 4.5.3.2 | Fertilización fosfatada de mantención | 52 |
| 4.6 | Manejo del Potasio | 53 |
| 4.6.1 | Consumo de potasio | 53 |
| 4.6.2 | Recomendación de fertilización con potasio | 53 |
| 4.6.3 | La fertilización potásica de acuerdo al método racional | 54 |
| 4.7 | Calcio | 54 |
| 4.7.1 | Magnesio | 55 |
| 4.7.2 | Azufre | 55 |
| 4.7.3 | Micronutrientes | 56 |
| 4.8 | Criterio de fertilización basado en tablas de fertilización referencial | 56 |
| 4.8.1 | Fertilizantes utilizados en papa | 58 |
| 4.8.2 | Conclusiones | 58 |
| 5. | Calidad de Papa Semilla | 63 |
| 5.1 | Identidad y pureza varietal | 64 |
| 5.2 | Calidad fitosanitaria | 64 |
| 5.3 | Edad fisiológica | 66 |
| 6. | Desinfección de Tubérculo Papa Semilla | 69 |
| 6.1 | Generalidades | 70 |
| 6.2 | Tratamiento químico al tubérculo semilla o al surco de plantación | 71 |
| 6.3 | Evaluaciones de tratamiento químico realizado en la Región de La Araucanía | 72 |
| 6.3.1 | Evaluación temporada 2011-2012 | 72 |
| 6.3.1.1 | Rendimiento | 72 |
| 6.3.1.2 | Costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos cosechados | 73 |
| 6.3.2 | Evaluación temporada 2012-2013 | 74 |
| 6.3.2.1 | Rendimiento | 76 |
| 6.3.2.2 | Costra negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos cosechados | 76 |
| 6.3.3 | Evaluación 2014-2015 | 77 |
| 6.3.3.1 | Rendimiento | 77 |
| 6.3.3.2 | Costra Negra (<i>Rhizoctonia solani</i>) en tubérculos cosechados | 78 |
| 6.4 | Conclusiones y Comentarios | 79 |

| | |
|--|-----------|
| 7. Principales Enfermedades de la Piel en Tubérculos de Papa: Rizoctoniasis, Sarna Común, Sarna Plateada y Pudrición Seca | 83 |
| 7.1 Sarna Negra, Costra Negra o Rizoctoniasis | 84 |
| 7.1.1 Sintomatología | 84 |
| 7.1.2 Condiciones predisponentes | 86 |
| 7.1.3 Control | 87 |
| 7.2 Sarna común | 89 |
| 7.2.1 Sintomatología | 89 |
| 7.2.2 Condiciones predisponentes | 90 |
| 7.2.3 Control | 90 |
| 7.3 Sarna plateada | 90 |
| 7.3.1 Sintomatología | 91 |
| 7.3.2 Condiciones predisponentes | 91 |
| 7.3.3 Control | 91 |
| 7.4 Pudrición seca | 92 |
| 7.4.1 Sintomatología | 92 |
| 7.4.2 Condiciones predisponentes | 93 |
| 7.4.3 Control | 93 |
| | |
| 8. Control de Malezas en el Cultivo de Papa | 95 |
| 8.1 Herbicidas suelo-activos recomendados para el control de malezas en papa | 100 |
| 8.1.1 Metribuzina | 100 |
| 8.1.2 Rimsulfuron | 101 |
| 8.1.3 Metribuzina+Rimsulfuron | 101 |
| 8.1.4 Flumioxazin | 102 |
| 8.1.5 Metolacloro | 102 |
| 8.1.6 Pendimetalin | 102 |
| 8.1.7 Metribuzina+Pendimetalin | 102 |
| 8.1.8 Clomazone | 103 |
| 8.2 Estrategias de control de malezas en papa con herbicidas suelo-activos | 103 |
| 8.3 Factores que influyen en la eficacia de los herbicidas suelo-activos recomendados en papa | 104 |
| 8.3.1 Humedad del suelo | 104 |
| 8.3.2 Tipo de malezas | 104 |
| 8.3.3 Desarrollo de las malezas | 104 |
| 8.4 Factores que influyen en la selectividad de los herbicidas suelo-activos recomendados en el cultivo de papa | 104 |
| 8.5 Conclusiones | 105 |

| | |
|---|------------|
| 9. Principales Enfermedades que Afectan al Follaje en el Cultivo de Papa | 107 |
| 9.1 Tizón Tardío | 108 |
| 9.1.1 Sintomatología | 108 |
| 9.1.2 Condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad | 109 |
| 9.1.3 Fuentes de inóculo o infección | 110 |
| 9.1.4 Medidas de prevención y control | 112 |
| 9.1.5 Clasificación de fungicidas | 115 |
| 9.1.5.1 Movilidad en la planta | 117 |
| 9.1.5.2 Fungicidas en Chile | 119 |
| 9.1.6 Estrategias de control químico para tizón tardío | 120 |
| 9.1.6.1 Momentos críticos de aplicación | 120 |
| 9.1.6.2 Sistema de alerta temprana | 121 |
| 9.1.6.3 Calendario fijo | 121 |
| 9.2 Tizón temprano de la papa | 121 |
| 9.2.1 Sintomatología | 121 |
| 9.2.2 Epidemiología | 122 |
| 9.2.3 Principales diferencias con Tizón tardío | 123 |
| 9.2.4 Medidas de Prevención y control | 124 |
| 9.2.4.1 Control cultural | 124 |
| 9.2.4.2 Control químico | 124 |
| 9.3 Pudrición Gris (<i>Botrytis cinerea</i>) | 126 |
| 9.3.1 Síntomas | 126 |
| 9.3.2 Epidemiología | 127 |
| 9.3.3 Medidas de prevención y control | 127 |
| 10. Enfermedades Causadas por Virus | 131 |
| 10.1 Los virus como agentes patógenos de plantas | 132 |
| 10.1.1 Transmisión y diseminación de los virus | 132 |
| 10.2 Transmisión por insectos y su implicancia en el control | 132 |
| 10.2.1 Transmisión mecánica | 134 |
| 10.2.2 Propagación vegetativa o por tubérculos | 134 |
| 10.3 Importancia de los virus en papa | 135 |
| 10.3.1 Principales virus que afectan al cultivo | 135 |
| 10.3.1.1 Virus Y de la papa (PVY) | 135 |
| 10.3.1.2 Virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV) | 137 |
| 10.3.1.3 Virus X de la papa (PVX) | 139 |
| 10.3.1.4 Virus S de la papa (PVS) | 139 |
| 10.3.1.5 Virus A de la papa (PVA) | 140 |
| 10.3.1.6 Virus M de la papa (PVM) | 141 |
| 10.4 Importancia del diagnóstico en el control preventivo de las virosis | 141 |

| | |
|---|------------|
| 11. Insectos asociados al Cultivo de Papa con Especial Énfasis en Áfidos | 145 |
| 11.1 Orden: Díptera | 146 |
| 11.1.1 Mosca minadora, <i>Liriomyza</i> spp. | 146 |
| 11.2 Orden: Coleóptera | 147 |
| 11.2.1 Gusano alambre | 147 |
| 11.2.2 Gusano blanco | 149 |
| 11.2.3 Larvas de burrito | 150 |
| 11.2.4 Pilme de la papa | 151 |
| 11.3 Orden: Lepidóptera | 153 |
| 11.3.1 Cuncunillas | 153 |
| 11.3.2 Cuncunilla negra | 155 |
| 11.4 Orden: Hemíptera | 156 |
| 11.4.1 Áfidos vectores presentes en el sur de Chile | 156 |
| 11.4.2 Temporada 2013-14 | 156 |
| 11.4.3 Temporada 2015-16 | 159 |
| 11.4.4 Áfidos vectores y transmisión de virus | 160 |
| 11.4.5 Virus transmitidos por áfidos en cultivo de papa en el sur de Chile | 162 |
| 11.4.6 Principales virus transmitidos por áfidos en el sur de Chile | 163 |
| 11.4.6.1 Virus Y de la papa o PVY | 163 |
| 11.4.6.2 Enrollamiento (PLRV) | 165 |
| | |
| 12. Manejo del Agua de Riego en el Cultivo de Papa | 171 |
| 12.1 Introducción | 172 |
| 12.2 Demanda hídrica del cultivo | 172 |
| 12.3 Tipo de suelo | 173 |
| 12.4 Disponibilidad de agua en el suelo | 175 |
| 12.5 Cultivo y clima | 176 |
| 12.5.1 Coeficiente de cultivo (Kc) | 177 |
| 12.5.2 Evapotranspiración de referencia | 178 |
| 12.6 Concepto de programación de riego en el cultivo de papa | 179 |
| 12.7 Evaluación de sistema de riego por goteo en cultivo de papa | 180 |
| 12.8 Resultados | 181 |
| 12.9 Consideraciones Finales | 183 |
| | |
| 13. Almacenaje de Tubérculos Semilla de Papa | 185 |
| 13.1 Factores del cultivo que afectan la calidad del almacenaje | 186 |
| 13.1.1 Estado sanitario del cultivo | 186 |
| 13.1.2 Enmalezamiento | 187 |
| 13.1.3 Fertilización | 187 |
| 13.1.4 Madurez de los tubérculos | 187 |
| 13.1.5 Daños mecánicos del cultivo | 187 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 13.2 | Efecto de la cosecha sobre el almacenaje | 187 |
| 13.2.1 | Condiciones del suelo al momento de la cosecha | 187 |
| 13.2.2 | Cosecha oportuna y preselección cuidadosa | 187 |
| 13.2.3 | Transporte y manejo de los tubérculos | 188 |
| 13.2.4 | Bodega seca, limpia y adecuada | 188 |
| 13.3 | Factores ambientales que afectan el almacenaje | 188 |
| 13.3.1 | Temperatura | 188 |
| 13.3.1.1 | Respiración | 189 |
| 13.3.1.2 | Brotación | 189 |
| 13.3.1.3 | Pudriciones | 189 |
| 13.3.1.4 | Deshidratación | 190 |
| 13.3.2 | Humedad | 190 |
| 13.3.3 | Ventilación | 190 |
| 13.3.3.1 | Ventilación natural por convección | 191 |
| 13.4 | Estructuras que favorecen la ventilación en bodegas de almacenaje de papa | 194 |
| 13.4.1 | Ventilación con aire forzado | 194 |
| 13.4.2 | Condiciones ambientales durante el almacenaje | 195 |
| 13.4.2.1 | Sistema de almacenaje en trojas | 195 |
| 13.5 | Etapas del almacenaje | 196 |
| 13.5.1 | Secado | 197 |
| 13.5.2 | Cicatrización o suberización | 197 |
| 13.5.3 | Acondicionamiento o enfriamiento | 197 |
| 13.5.4 | Período de almacenaje propiamente tal | 198 |
| 13.5.5 | Acondicionamiento para el movimiento y envasado | 198 |

Prólogo

La Región de La Araucanía concentra la mayor superficie y producción nacional en el cultivo de papa, es así como la temporada 2017- 2018 según datos de ODEPA la superficie alcanzó 12 mil 486 ha y una producción de 396 mil 541 toneladas. En este sentido es importante destacar que entre un 65 a 70 % de esta producción se encuentra en manos de pequeños productores, siendo un rubro estratégico para la economía familiar de este grupo.

En forma tradicional las comunas de la costa son las productoras por excelencia de este tubérculo, siendo un cultivo clave en el sistema productivo. En los últimos años otras comunas están aumentando su superficie, es así como destacan las comunas de Vilcún y Freire.

El año 2002 se crea el Convenio Tranapunte, entidad que asocia a los municipios de la costa, es decir Carahue, Saavedra, Teodoro Schmidt y Toltén más las comunas de Freire y Gorbea, INDAP, SAG e INIA. Su principal objetivo ha sido hasta la fecha dotar con papa semilla de calidad a los pequeños agricultores asociados al trabajo municipal y de INDAP.

El aporte del Convenio Tranapunte al desarrollo del cultivo se ha materializado en la generación de 400 toneladas de papa semilla certificada producidas bajo un esquema de trabajo con pequeños productores. Por otro lado, el traspaso de conocimientos técnicos a través de la capacitación ha permitido reducir de manera importante las brechas tecnológicas en el cultivo de papa asociadas a calidad de semilla, manejo fitosanitario y nutrición. El Convenio además ha servido como plataforma para la generación y ejecución de proyectos específicos como fueron “Fomento de competencia de agricultores en el control del tizón de la papa, INNOVA Chile de CORFO, entre 2009 y 2011” y “Modelo de Plataforma para el mejoramiento competitivo y agregación de valor en el proceso productivo y comercial de papa, por medio de TIC’s, orientado a organizaciones campesinas Mype’s. INNOVA Chile de CORFO, entre 2010 a 2013.

Sin duda aportes importantes para el desarrollo del cultivo a nivel de Agricultura Familiar (AF).

La producción de papa en la región se orienta principalmente al consumo fresco, existiendo la producción de papa primor y papa guarda. Este sistema productivo se encuentra en serio riesgo por el hallazgo de enfermedades cuarentenarias como carbón de la papa (*Thecaphora solani*); Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) y Nemátodo dorado (*Globodera rostochiensis*), que ponen riesgo el perder la condición de “área libre” para la región. Las consecuencias de esto significa el ingreso de papa desde la zona sucia, es decir, desde Arauco hacia el norte compitiendo con la producción local, generando de esta forma pérdidas económicas que pueden bordear los 20 millones de dólares.

A nivel mundial la principal medida de contención para estos problemas cuarentenarios en el cultivo, es el uso de papa semilla certificada. Por esto, el Consejo de Administración de Tranapunte propició la presentación de un programa al Gobierno Regional denominado **“Programa Innovación tecnológica aplicada a procesos productivos del Centro Regional de la Papa, para el fortalecimiento de la competitividad del territorio costero, Región de La Araucanía”**, el cual se encuentra en ejecución y busca potenciar la producción de papa semilla certificada en corto plazo en el territorio, a través de un escalamiento productivo comercial de modo de asegurar el sistema productivo de nuestros productores.

El presente boletín es una versión mejorada del Manual de Papa para La Araucanía elaborado el año 1999, el cual fue básicamente una revisión bibliográfica de los distintos temas relacionados con el establecimiento y manejo del cultivo. En la presente edición se presentan antecedentes en distintas temáticas con resultados de evaluaciones realizadas en la región bajo el marco del Convenio Tranapunte.

La información acá presentada será de utilidad para productores, equipos técnicos y estudiantes interesados en desarrollar el cultivo de papa.

Patricio Méndez Leal
Ingeniero Agrónomo
Encargado Técnico del Convenio Tranapunte

1. Antecedentes Fenológicos Asociados al Manejo del Cultivo de Papa

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



Los estados fenológicos o estados de desarrollo en papa marcan los cambios morfológicos y fisiológicos producidos en el cultivo. Sirven para definir etapas de manejo agronómico, para alcanzar un determinado objetivo productivo. Estos se dividen en: plantación, emergencia, inicio de estolonización, formación y desarrollo de tubérculos, floración, formación de cosecha y madurez.

Plantación: no es un estado fenológico propiamente tal, pero permite identificar el inicio del cultivo.

Emergencia: en este período los brotes aparecen sobre la superficie del suelo y abarca desde la plantación de los tubérculos semilla, hasta un tiempo aproximado de 30 días. Este puede variar de acuerdo a condiciones particulares de la variedad, calidad de semilla y ambiente. Se considera que el cultivo alcanza este estado cuando existe un 50% de tallos emergidos.

Período vegetativo, inicio de estolonización, formación y desarrollo de tubérculos: durante este período la planta inicia la producción de estolones en la zona radical, comenzando de esta forma la producción de tubérculos. Dicha etapa se produce alrededor de los 40 a 55 días post plantación. Es una de las etapas críticas relacionada al desarrollo del cultivo, dado que en este período se define la cantidad de tubérculos que generará cada tallo. Lo ideal es que cada tallo produzca la mayor cantidad de tubérculos posibles. Ésto dependerá del tamaño del tubérculo semilla, de la población que se maneje en el establecimiento del cultivo, de la preparación de la cama de semilla, de la variedad y de las condiciones ambientales.

Floración: se produce entre 60 y 80 días post plantación, se caracteriza por ser el período donde se produce la mayor acumulación de follaje, posterior a esta etapa la planta reduce al mínimo su tasa de crecimiento.


Formación de la cosecha: en esta fase la planta traslada los carbohidratos generados en el follaje hacia los tubérculos, lo que se produce aproximadamente a los 80 días desde la plantación. Se extiende hasta 120 a 140 días, dependiendo de la variedad y de la condición ambiental en la cual se desarrolle el cultivo.

Madurez: en este período los tubérculos alcanzan madurez o crecimiento pleno y tiene una duración aproximada de 15 días.

1.1 Fenología asociada al manejo agronómico del cultivo

La papa es un cultivo que en su desarrollo demanda una alta aplicación de tecnología, la cual debe ir asociada a cada estado de desarrollo o fenología específico del cultivo. En el cuadro 1, se presentan las principales labores a desarrollar de acuerdo al estado fenológico.

Cuadro 1. Manejo agronómico asociado al estado fenológico del cultivo de papa

| Estado fenológico | Labor Técnica |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Plantación</p>  | <p>Durante este período se deben realizar las siguientes labores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación de suelos: considera, uso de barbecho químico y labores de rastraje y aradura intercaladas, que propicien una cama de semilla adecuada para la brotación de tubérculos (profundidad de labor 30 cm, cama de semilla 15 cm) • Obtener papa semilla de calidad, de preferencia certificada • Desinfección de papa semilla: busca controlar o prevenir <i>Rhizoctonia solani</i>, evitando pérdidas de emergencia por cáncer de tallos, y cancro en estolones y raíces • Plan de fertilización: de acuerdo al análisis de suelo, objetivo productivo y meta de producción • Plantación: definir un marco de plantación de acuerdo al objetivo productivo (producción de papa semilla 60 mil tubérculos semilla/ha, producción de papa consumo 40 mil tubérculos semilla/ha). |
| <p style="text-align: center;">Emergencia (30 días)</p>  | <p>Se considera este período cuando existe un 50% o más de tallos visibles. En este estado es vital disponer de un cultivo limpio de malezas, normalmente se realiza control químico de malezas con herbicidas pre emergentes y post emergentes.</p> |

Período vegetativo, inicio de estolonización, formación y desarrollo de tubérculos (40 a 55 días)



Floración (60 a 80 días)

Durante este período se debe propiciar un ambiente adecuado en cuanto a humedad y temperatura, para asegurar un óptimo número y desarrollo de tubérculos.

Las principales labores durante este período son las siguientes:

- **Aporca:** con esta labor se busca acumular suelo alrededor del cuello de la planta con el objetivo de proteger los tubérculos que se desarrollarán posteriormente
- **Fertilización:** se realiza una segunda aplicación de nitrógeno y potasio
- **Riego:** se debe iniciar la labor de riego, dependiendo de las condiciones climáticas. Es muy importante que en esta etapa el cultivo se desarrolle en un suelo con condiciones óptimas de humedad (capacidad de campo)
- **Control de plagas y enfermedades:** a partir de esta etapa se debe revisar el cultivo y de ser necesario considerar el control preventivo de plagas y enfermedades. Dicha labor considera el uso de insecticidas y fungicidas.

Las principales enfermedades a prevenir son: tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y tizón temprano (*Alternaria solani*); en insectos: pilmes (*Epicauta pilme*) y pulgones (*Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, *Brachycaudus helichrysi*, entre otros) orden Hemiptera principalmente.

En esta etapa se busca disponer de un cultivo con un máximo desarrollo de follaje que permita el llenado de tubérculos en etapas posteriores. Aquí las labores a desarrollar consideran:

- Riego
- Control de plagas y enfermedades.

Formación de la cosecha (80 a 120 días)



En este estado es preciso mantener un cultivo vigoroso y sano, esto porque se produce el llenado de los tubérculos. Proceso que se desarrollará de mejor forma con cultivo en esta condición.

Las labores a desarrollar consideran:

- Riego
- Control de plagas y enfermedades.

Madurez (120 a 140 días)



La madurez fisiológica del cultivo de la papa es la etapa en la que se alcanza la máxima acumulación de materia seca en el tubérculo. Durante este proceso las principales labores apuntan a mantener la sanidad del cultivo a cosechar, labor que debe realizarse inmediatamente cuando los tubérculos afirmen piel o subericen. Aquí se considera:

- **Control de plagas y enfermedades:** se realiza la una última aplicación preventiva para el control de hongos, con el fin de evitar la contaminación de tubérculos en la etapa final
- **Secado de follaje:** con esto se busca la eliminación anticipada del follaje para evitar el ataque de tizón tardío (*Phytophthora infestans*), impidiendo que este hongo alcance los tubérculos. En forma complementaria se busca regular la madurez o firmeza de piel de los tubérculos, con el objetivo de programar la cosecha. Adicionalmente permite realizar labores de cosecha en un cultivo libre de malezas reduciendo el daño físico en los tubérculos generado por cosechadores. Para realizar esta labor se utilizan principalmente desecantes químicos.



Literatura Consultada

Nemes, Z., Baciú, A., Popa, D., Mike, L., Petrus-Vancea, A., Danci, O., (2008). The study of the potato's life-cycle phases important to the increase of the individual variability. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie*, 15, 60-63.

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



2. Variedades de Papa

Juan Inostroza Fariña
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es originario de la cordillera andina de América del Sur, donde esta especie evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, dando como resultado una gran diversidad de especies. Se considera que las actuales variedades cultivadas se originaron a partir de la domesticación de *Solanum bukasovii* en el sur del Perú y oeste de Bolivia alrededor de 8 mil años antes de Cristo. Se estima que hay más de 3 mil variedades de papas nativas en este país, sin embargo gran parte de ellas no pueden ser plantadas en lugares ubicados fuera de los andes peruanos debido a que requieren de condiciones climáticas y edáficas particulares.

También se plantea la posibilidad de un sub centro de origen, el Archipiélago de Chiloé, donde existen distintos ejemplares que pertenecen a una subespecie (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) donde crecen en estado silvestre. En la región se encuentra una gran diversidad y cantidad de variedades que no se han encontrado aún en el resto del mundo y cuya data se extiende a unos 12 mil años antes de Cristo. Cabe señalar que ecotipos nativos de papa se encuentran presentes a través de toda la zona de los Andes, extendiéndose desde el sur de las rocallosas hasta la Patagonia Argentina.

La papa llegó a Europa en el siglo XVI por dos vías: España (en 1570) e Islas Británicas (entre 1588-1593), donde se expandió a todo el resto del continente europeo. Su desarrollo como cultivo comienza en el siglo XVIII, partiendo de pequeños volúmenes de producción, adquiriendo progresivamente importancia en el aspecto alimenticio de toda la sociedad.

Se define como variedad a un cultivar que posee características específicas diferenciables respecto de otros cultivares y que se mantienen a través del tiempo. Las variedades se diferencian a nivel de su material genético, ADN (ácido desoxirribonucleico), características agronómicas y tipo de uso comercial.

2.1 Características agronómicas

Las características agronómicas corresponden a los atributos o aspectos específicos relacionados con la producción, la capacidad adaptativa y la resistencia a factores bióticos como abióticos de las plantas y que constituyen elementos diferenciadores. Entre ellos se pueden señalar: resistencia a enfermedades, desarrollo vegetativo, tuberización, color de piel, color de pulpa, ciclo vegetativo, potencial productivo, entre otros.

2.2 Características comerciales

Las características comerciales son aquellas relacionadas o que tienen incidencia en la comercialización del producto, entre ellas destacan aspectos tales como tamaño o calibre, forma y uso del tubérculo. Respecto al uso puede ser llamado comúnmente para “la olla” (hervidas sin que se deshagan), puré o frita. La introducción de variedades comerciales de papa desde los centros de mejoramiento, responde a la necesidad de entregar en el mediano y corto plazo variedades que se adapten a las condiciones ecológicas y posibilidades de uso en diferentes zonas agroecológicas. Mundialmente existe un intenso y permanente mejoramiento genético del cultivo que está generando un gran número de variedades o cultivares comerciales.

Actualmente en nuestro país existen 78 variedades registradas en la lista de variedades oficialmente descritas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). De éstas, el 2019 se encontraban inscritas 31 en el Registro de Variedades aptas para certificación y de las cuales se pueden acceder a papa-semilla legal de buena calidad. Dentro de este grupo existen 17 variedades con protección provisoria y 14 variedades protegidas. Estas últimas están inscritas en el Registro de Variedades Protegidas del SAG y poseen derecho de propiedad intelectual.

Para elegir adecuadamente la variedad de papa se deben considerar los siguientes factores:

- a. **Aceptación por el mercado:** considera color de piel y pulpa, forma, sabor y otros
- b. **Destino de la producción:** papa primor, guarda, procesamiento agroindustrial, semilla
- c. **Características agronómicas:** potencial de rendimiento y adaptación en el área de producción
- d. **Características sanitarias:** nivel de resistencia a enfermedades y plagas graves del cultivo en el área de producción.

Estos factores junto a otras variables como **calidad de semilla y manejo agronómico** deciden el éxito de la explotación comercial de papa.

En Chile no existen cifras precisas respecto del área ocupada por cada variedad. Se estima que en el Borde Costero de la región, la variedad Patagonia INIA es la más cultivada, seguida de Desirée, Pukará INIA, Karú INIA, Rosara, Cornado y Pehuenche INIA. A nivel nacional la más producida es la variedad Asterix, con alrededor del 43%, seguida de Patagonia 24%; Rosara 16%; Pukará 7% y Cardinal 7% (Según ODEPA 2019, a partir de información de ferias mayoristas). El resto de la producción se reparte entre Rodeo, Desirée, Karú INIA y Yagana INIA; y otras variedades con menores porcentajes de participación tales como Puyehue INIA, Red Scarlett, Red Lady y Red

Fantasy. A nivel agroindustrial destacan Atlantic, Shepody, FLs (Frito - Lay) y Panda, entre otras.

En países con agricultura más desarrollada (Europa y EUA), donde gran parte de la producción es destinada a la industria, las exigencias son mayores ya que además de una buena presentación y características organolépticas, se exige una composición adecuada y específica, de acuerdo con el uso al cual serán destinadas.

En Chile, según el destino de la producción podemos agrupar las variedades de papas en dos tipos:

2.3 Variedades para consumo fresco: definida como aquellas consumidas sin procesamiento previo. Aquí se distinguen dos tipos de cultivo y de variedades:

2.3.1 Variedades de papa de guarda: usadas principalmente en las plantaciones de primavera en las zonas centro sur y sur del país. La principal característica de este tipo de cultivo es que después de la cosecha, la papa es almacenada por un período de tiempo que puede ir desde dos a siete meses y más. La más utilizada en Chile para este fin es Desirée, cultivar de origen holandés inscrita en Chile a partir de 1962.

2.3.2 Variedades de papa temprana y/o primor: empleadas en plantaciones de otoño e invierno, especialmente en la zona centro norte del país. Las condiciones ambientales durante el desarrollo de este tipo de cultivo son días cortos, baja luminosidad, temperaturas moderadas durante el día y bajas durante la noche. La principal variedad utilizada en Chile para este fin es la variedad de origen holandés, Cardinal. Otras alternativas con buenas perspectivas para este tipo de producción son las variedades Karú INIA y Pukará INIA. En la zona centro sur corresponden a plantaciones realizadas fuera de época, a fines de invierno, en sectores donde existe menor riesgo de heladas. Las variedades utilizadas corresponden a Desirée, Cardinal, Karú INIA y Pukará INIA. Se agrega como otra alternativa Patagonia INIA.

2.4 Variedades para procesamiento agroindustrial: corresponde a variedades que por sus características físicas, químicas y organolépticas tienen una buena aptitud para ser procesadas en forma industrial. Hay dos características muy importantes para el procesamiento industrial: el porcentaje total de sólidos y el contenido de azúcares reductores. En su mayoría los azúcares corresponden a almidón y el rango de variación para la mayoría de las variedades de los sólidos es de 17 a 23 %. Los azúcares reductores son los causantes del efecto de oscurecimiento de las papas durante el proceso de fritura.

El destino de la producción agroindustrial está orientada a papa frita en bastones, papa frita en hojuelas y puré en escamas. En este tipo de producción cobran

importancia la variedad Yagana INIA en la Región de Los Lagos y variedades Atlantic, Shepody y FL's (Frito – Lay), con un mercado agroindustrial muy definido.

En el ámbito de la Agricultura Familiar (AF) del territorio Araucanía Costera, donde se cultiva papa para el mercado en fresco, las características de precocidad de las variedades son muy importantes para desarrollar un cultivo bajo condiciones de secano, que permita obtener rendimientos comerciales (40 ton/ha) en años de precipitaciones normales a escasas.

Para el cultivo de papa temprana, que se establece entre julio y agosto, la variedad debe tener en lo posible un período de latencia corto, de manera tal que logre una brotación rápida después de la cosecha, permitiendo una plantación temprana y acelerando también la emergencia. De igual forma se requiere que estos cultivos sean precoces o semi precoces, es decir que puedan iniciar su ciclo productivo rápidamente a salidas de invierno y desarrollarse durante el período de primavera. En este caso las variedades más adecuadas son: Rosara, de hábito precoz y latencia corta; Cardinal de latencia corta y hábito semi precoz; Ona INIA de latencia muy corta y hábito semi precoz; y otras tales como Pukará INIA, Karú INIA, Asterix, entre otras, que por sus hábitos de crecimiento también permiten una producción temprana. La variedad Desirée, que es de latencia larga y de desarrollo semi tardío, no es la mejor variedad para producción temprana, aun cuando es ampliamente utilizada en la zona. Variedades tales como Yagana INIA y Romano, de latencia larga no permiten la producción de papa para temprano. Sin embargo, las variedades semi tardías, de ciclos más largos y latencia intermedia, garantizarían altos rendimientos. Éstas deben exhibir un mayor período de latencia que permita una guarda prolongada. Algunas son: Desirée y Karú INIA.

Cuadro 1. Clasificación de las variedades según el largo de su ciclo

| Madurez | Desarrollo del ciclo (días) |
|-------------|-----------------------------|
| Precoz | 90 a 120 |
| Semi precoz | 120 a 140 |
| Semi tardía | 140 a 160 |
| Tardía | 160 a 180 |

Fuente: elaborado a partir de información de INIA, Semillas SZ, Consorcio papa Chile

Las variedades semi precoces con latencia media, también permiten ciclos más largos, generando altos rendimientos y presentando buenos comportamientos en ciclos cortos como papa de temprano. Algunas son: Ona INIA, Asterix y Cardinal.

Variedades semi precoces con latencia larga presenta buenos rendimientos cuando alcanza ciclos más largos, como es el caso de Yagana INIA.

A continuación, se presenta una descripción más detallada de las características de las principales variedades de papa usadas en el país:

PUKARÁ INIA



Fuente: Patricio Méndez



Fuente: INIA Remehue

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|---|---|---|--|---------------------------|--|
| Cleopatra x Yagana Creador y propietario: INIA Año Inscripción: 1993. | Para consumo fresco, resistente a la cocción, agradable sabor y mediana harinosidad Adecuada como papa primor o temprana por su rápida tuberización y llenado de tubérculos. | Forma de tubérculo: oval alargado Ojos: medianamente profundos Piel: roja intensa. Pulpa: amarilla Planta: semi erecta, buen vigor, numerosos tallos principales. Follaje verde oscuro Flores abundantes de color rosado. | Semi tardío (140-145 días), correspondiente a plantaciones de octubre en el sur de Chile. Sin embargo tuberiza precozmente, con un rápido llenado de tubérculos. | 3-4 | Es altamente resistente al Virus PLRV Necesita manejo cuidadoso en el almacenamiento para evitar pérdidas por pudriciones secas y blandas causadas por la interacción de <i>Fusarium sp.</i> y <i>Pectobacterium sp</i> En plantaciones tempranas con suelo frío, presenta susceptibilidad a <i>Rhizoctonia solani</i> Altamente resistente a enfermedades o desórdenes de origen fisiológico como corazón hueco y mancha café o ferruginosa. |

YAGANA INIA



Fuente: INIA Remehue



Fuente: INIA Remehue

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|--|---|---|--|--|--|
| <p>Hydra x línea 904/61</p> <p>Creador y propietario: INIA</p> <p>Año Inscripción: 1983.</p> | <p>Resistente a la cocción, de sabor muy agradable y color y textura suave</p> <p>Excelente para todo tipo de preparación</p> <p>Adecuada para consumo fresco y para la industria de puré y papa frita.</p> | <p>Forma tubérculo: oval</p> <p>Ojos: superficiales</p> <p>Piel: amarilla intensa</p> <p>Pulpa: amarilla</p> <p>Planta: follaje buen desarrollo</p> <p>Follaje: verde pálido</p> <p>Flores abundantes de color violeta.</p> | <p>Semi precoz (120-135 días) en plantaciones de octubre en el sur de Chile.</p> | <p>6 a 7 meses</p> <p>Muy buen almacenaje.</p> | <p>Alta resistencia al virus PLRV, inmune PVX y poco sensible a PVY</p> <p>Resistente al nemátodo dorado (<i>Globodera rostochiensis</i>), moderada susceptibilidad al tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) y tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) y buena resistencia a sarna común (<i>Streptomyces scabies</i>).</p> |

KARÚ INIA



Fuente: Patricio Méndez



Fuente: Patricio Méndez

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|---|---|--|---|---------------------------|---|
| Yagana x Fanfare Creador y propietario: INIA Año Inscripción: 2002. | Buena para consumo fresco, resistente a cocción, de muy buen sabor, color y textura suave Apta para papa de guarda desde la zona del Maule al sur. | Tubérculo: oval alargado Ojos: muy superficiales Piel: roja Pulpa: amarilla clara Planta: lento crecimiento inicial, posteriormente, gran desarrollo de follaje, hojas de color verde, flores de color violeta. | Madurez: semi precoz (135-145 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile. | 4 - 5 | Resistente al virus del Enrollamiento (PLRV) y virus X Medianamente resistente a virus Y Medianamente resistente a <i>Pectobacterium sp.</i> Medianamente susceptible a sarna común Medianamente resistente a tizón tardío Medianamente resistente a pudrición seca Resistente a nemátodo dorado. |

PATAGONIA INIA



Fuente: Patricio Méndez



Fuente: Patricio Méndez

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|--|---|---|--|--|--|
| <p>Yagana x Romanze</p> <p>Creador y propietario: INIA</p> <p>Año Inscripción: 2010</p> <p>Clasificación: mercado fresco</p> | <p>Muy buena para consumo fresco, resistente a cocción, no recomendable para uso agroindustrial en elaboración de pre frito congelado, de muy buen sabor, color y textura suave y resistente al pardeamiento después de la cocción.</p> | <p>Forma de tubérculo: oval alargada</p> <p>Ojos: muy superficiales</p> <p>Piel: roja</p> <p>Pulpa: amarilla clara</p> <p>Planta: semi erecta, con gran desarrollo del follaje, altura media, hojas de color verde intenso, flores de color violeta.</p> | <p>Madurez: semi tardía (145 días), en plantaciones de octubre en el sur de Chile</p> <p>Apta para la producción de papa temprana.</p> | <p>4 – 5</p> <p>En bodegas con ventilación natural en el sur de Chile.</p> | <p>Buen nivel de resistencia al tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>)</p> <p>Buena resistencia a sarna común (<i>Streptomyces scabies</i>)</p> <p>Susceptible al Virus de enrollamiento de la hoja (PLRV)</p> <p>Susceptible a nemátodo dorado (<i>G. rostochiensis</i>).</p> |

PUYEHUE INIA



Fuente: Patricio Méndez



Fuente: Patricio Méndez

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|--|--|---|--|---|--|
| <p>Altena x Pukará-INIA</p> <p>Creador y propietario: INIA</p> <p>Registrada el año 2011</p> | <p>Piel roja</p> <p>Pulpa amarilla clara</p> <p>Buena calidad de cocción y sabor, siendo su mayor ventaja el alto rendimiento que ha presentado en todos los ensayos de campo</p> <p>Consumo fresco y papa temprana.</p> | <p>Forma de tubérculo: oval</p> <p>Ojos: Superficiales</p> <p>Piel: roja brillante</p> <p>Pulpa: amarilla clara</p> <p>Planta: semi erecta, altura media, flores de color violeta intenso.</p> | <p>Semi-tardía (140-145 días) plantada en el sur de Chile.</p> | <p>Buenas características de guarda, con un período de reposo entre 4 y 5 meses en bodegas con ventilación natural.</p> | <p>Moderada susceptibilidad a tizón tardío</p> <p>Moderada resistencia al Virus del Enrollamiento de la Hoja (PLRV)</p> <p>Moderada resistencia a <i>Rhizoctonia solani</i></p> <p>Moderada susceptibilidad a sarna común</p> <p>Moderada resistencia a sarna plateada (<i>Helminthosporium solani</i>).</p> |

DESIRÉE



Fuente: INIA Remehue



Fuente: INIA Remehue

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|---|---|--|--|---------------------------|--|
| <p>Urgenta x Depesche</p> <p>Creador y propietario: origen Holanda (ZPC)</p> <p>Año inscripción: 1962</p> | <p>Adecuada como papa de guarda</p> <p>También se utiliza para la elaboración de papa frita</p> <p>Recomendable para todas las zonas productoras en Chile</p> <p>Buena calidad culinaria, resistente a la cocción, de sabor neutro.</p> | <p>Forma tubérculo: oval alargado</p> <p>Ojos: superficiales</p> <p>Piel: rosada</p> <p>Pulpa: amarillo claro</p> <p>Planta: desarrollo intermedio, semi erecta, buen vigor, follaje de color grisáceo oscuro, presenta abundantes flores de color rosado pálido.</p> | <p>Madurez: semi tardía (145 – 150 días) en plantaciones de octubre en el sur de Chile</p> | <p>5 - 6</p> | <p>Moderada susceptibilidad a tizón tardío</p> <p>Moderada resistencia al Virus del enrollamiento de la hoja (PLRV)</p> <p>Moderada resistencia al Virus X (PVX)</p> <p>Resistencia al Virus Y (PVY)</p> <p>Susceptible a sarna común (<i>Streptomyces sp.</i>)</p> <p>Moderada resistencia a sarna plateada (<i>Helminthosporium solani</i>).</p> |

RODEO



Fuente: Semillas SZ



Fuente: Patricio Méndez

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|--|--|--|---------------------------|---|---|
| <p>Mondial x Bimonda</p> <p>Creador y propietario: HZPC Holanda.</p> | <p>Consumo fresco, con buena resistencia a la cocción.</p> | <p>Forma tubérculo: oval alargado</p> <p>Ojos: superficiales</p> <p>Piel: roja, brillante, oscura</p> <p>Pulpa: amarillo claro</p> <p>Planta: desarrollo intermedio</p> <p>Flores de color violeta rojizo.</p> | Tardía | <p>Dormancia media</p> <p>3 a 4 meses</p> | <p>Bastante sensible a golpes</p> <p>Sensible a <i>Rhizoctonia</i></p> <p>Moderadamente susceptible a PLRV y moderadamente resistente a PVY y PVX</p> <p>Resistente a nemátodo dorado</p> <p>Buena resistencia a Alternaria</p> <p>Poco sensible a sarna común y sarna verrugosa.</p> |

CARDINAL



Fuente: Semillas SZ



Fuente: Patricio Méndez

| Origen | Características | Descripción de la planta | Período vegetativo (días) | Período de reposo (meses) | Reacción a enfermedades |
|---|---|---|---|---------------------------|--|
| Kartoffelzucht Böhm Tulner/de Vries 54-30-8 x SVP 55-89 | Muy buena para consumo fresco, firme a la cocción, de muy buen sabor Recomendable para siembras tempranas (período de reposo corto). | Forma de tubérculo: oval alargados Ojos: superficiales Piel: roja Pulpa: amarilla clara Planta: alta frondosa Flores de color violeta azulado. | Semi precoz Planta con buen desarrollo de follaje, flores abundantes | Corto: 2 a 3 meses | Golpe interno: bastante sensible <i>Rhizoctonia</i> : algo sensible <i>Alternaria</i> : buena resistencia Sarna común: resistente Tizón tardío: mediana susceptibilidad Virus PVYn: resistente. |

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>

Consorcio PapaChile, 2020. Variedades de papa INIA. Manual Interactivo. <https://www.papachile.cl/>

López H.; J. Kalazich B.; P. Sepulveda R. y M. Gutiérrez M. 2002. Cultivo de papas para primores. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, revista Tierra Adentro N° 45. P. 22 a 25.

ODEPA, 2020. Precios; series históricas de frutas y hortalizas. Bernabé Tapia C., comunicación personal.

Santos Rojas, J., S. Orenas A. 2006. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina (AFC).



3. Evaluación de Variedades de Papa Convenio Tranapunte

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



El comportamiento productivo de cada variedad de papa depende de la genética y del medio ambiente donde se desarrolla, existiendo factores bióticos y abióticos que tendrán influencia directa en el logro del potencial productivo. Es por ello que resulta necesario conocer las características de cada variedad, sus diferencias morfológicas, agronomía, rendimiento y comportamiento de acuerdo a la zona de cultivo.

3.1 Producción de papa de guarda

Dentro del trabajo desarrollado por el Convenio Tranapunte, entidad que asocia a las comunas de la costa en la Región de La Araucanía, cuyo objetivo es la producción de papa semilla y la transferencia tecnológica entre los productores de éstas. Entre las temporadas 2014 - 2016 se establecieron jardines de variedades en el Centro Regional de la Papa (CRP) Tranapunte, bajo condición de secano. El objetivo de esta actividad tuvo un propósito pedagógico y también de evaluación del comportamiento productivo del cultivo en el sector de Tranapunte, donde se ubica este Centro. De un total de 10 variedades establecidas (Gráfico 1), cuatro presentaron un rendimiento promedio mayor a 40 toneladas por hectáreas: Pukará INIA, Patagonia INIA, Rodeo, Karú INIA y Yagana INIA. De éstas destacan con un alto rendimiento comercial las variedades Karú INIA (35 ton), Pukará INIA (33 ton), Rodeo (33 ton) y Patagonia INIA (32 ton), convirtiéndose en interesantes alternativas para productores con limitaciones de riego. Lo anterior es importante dado que un alto porcentaje de productores presenta esta condición en La Araucanía.

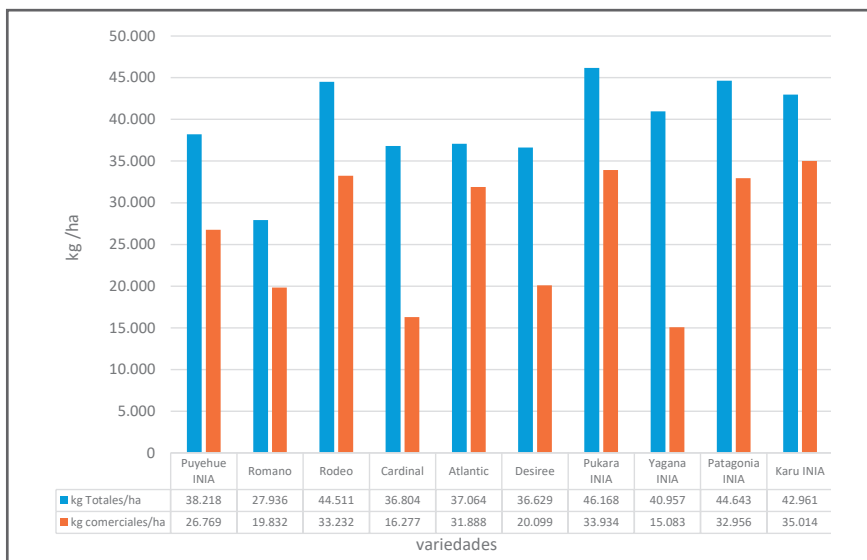


Gráfico 1. Rendimiento promedio jardín de variedades papa guarda temporadas 2014/2015 y 2015/2016, CRP Tranapunte

3.2 Producción papa primor

Otra alternativa productiva que realiza un importante número de productores de la Región de La Araucanía, es la producción de papa primor o temprana, la cual es desarrollada principalmente en las comunas de Carahue y Saavedra donde la condición ambiental lo permite.

Durante la temporada 2015 se estableció un jardín en el CRP Tranapunte (Gráfico 2), con 10 variedades y 117 días de desarrollo vegetativo, el cual generó los siguientes resultados productivos: Patagonia INIA 27 ton/ha; Karú INIA 25 ton/ha y Pukará INIA 22 ton/ha, el resto de las variedades no superaron las 20 ton/ha. En este caso no se evaluó el rendimiento de calibres comerciales, dado que para papa primor se comercializan calibres pequeños y grandes. Estos son resultados exploratorios, requiriéndose más años de estudio del material vegetal para así tener resultados validados según los distintos años de cultivo. De acuerdo a datos de productores locales, la variedad que tiene un mayor potencial productivo en los sectores dedicados a este tipo de producción es la variedad Pukará INIA.

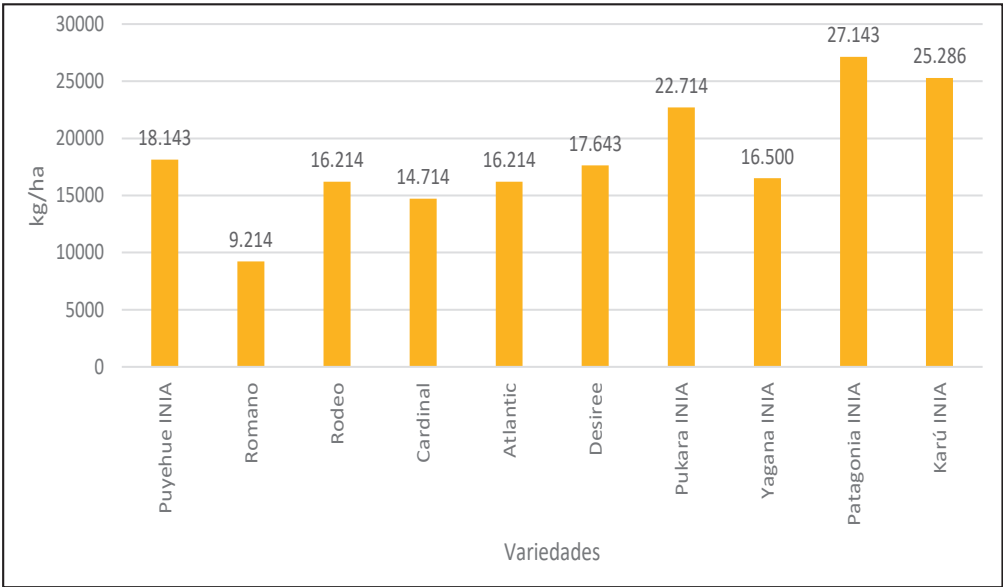


Gráfico 2. Rendimiento Jardín de variedades CRP Tranapunte producción primor temporada 2015

3.3 Producción papa guarda en comunas

Evaluaciones desarrolladas durante la temporada 2015-2016 por el convenio Tranapunte en predios de productores de las comunas de Freire, Teodoro Schmidt y Gorbea en las variedades Karú INIA, Pukará INIA, Patagonia INIA y Desirée en producción de papa para guarda, arrojaron los siguientes resultados.

Las variedades Pukará INIA y Patagonia INIA fueron las que presentaron mayores rendimientos en relación a las cuatro variedades evaluadas en las tres comunas. Es así como el mayor rendimiento a la cosecha se obtuvo en la variedad Pukará INIA con 61 ton/ha en la comuna de Gorbea bajo condición de riego y luego le siguió la variedad Patagonia INIA con 60 ton/ha, también en Gorbea y en la misma condición de riego. La producción detallada de cada comuna se presenta en los gráficos 3,4 y 5.

Es importante precisar que son evaluaciones de una temporada agrícola, por lo tanto no son datos definitivos, pero marcan tendencia de comportamiento productivo, siendo interesantes los rendimientos alcanzados por las variedades Pukará INIA y Patagonia INIA. De estas variedades destaca la segunda por su mayor tolerancia a *Pectobacterium* y *Phytophthora infestans*, lo que la hace muy interesante para productores de Agricultura Familiar.

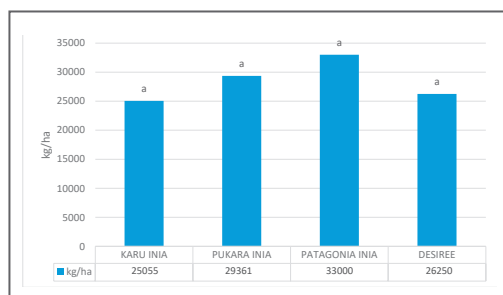


Gráfico 3. Rendimiento comuna de Freire Temporada 2015/2016

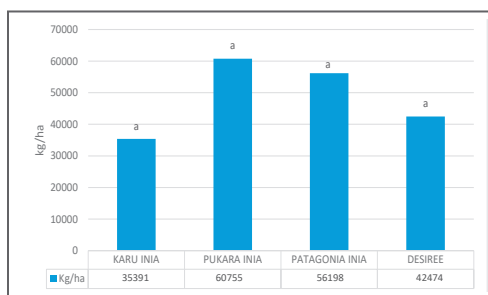


Gráfico 4. Rendimiento comuna de Teodoro Schmidt bajo riego. Temporada 2015/2016

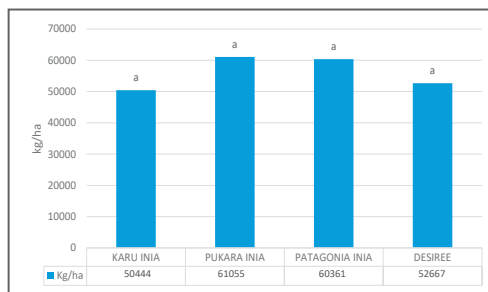


Gráfico 5. Rendimiento comuna de Gorbea bajo riego. Temporada 2015/2016

Según Tukey, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$)

Fuente: Patricio Méndez 2015, INIA Carillanca.

3.3.1 Distribución de calibres papa guarda en comunas

De acuerdo a la información presentada en los gráficos 6, 7 y 8, la variedad Pukará INIA es la que presenta una mayor producción en el calibre 45-55 mm, seguida por la variedad Desirée. Para el caso de los calibres 55-65 y > a 65 mm (calibre comercial), en las comunas Freire, Teodoro Schmidt y Gorbea, destaca la variedad Patagonia INIA con los mayores rendimientos.

La distribución de calibres es un factor gravitante para la comercialización ya que el mercado de papa consumo exige y paga un mayor precio por el calibre 55-65 mm.

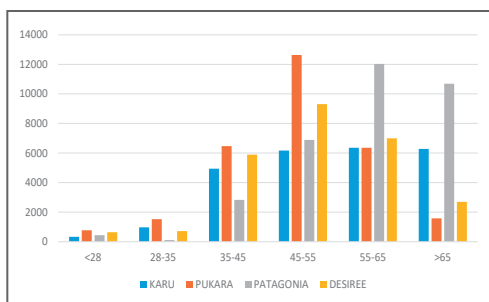


Gráfico 6. Distribución de calibres comuna de Freire

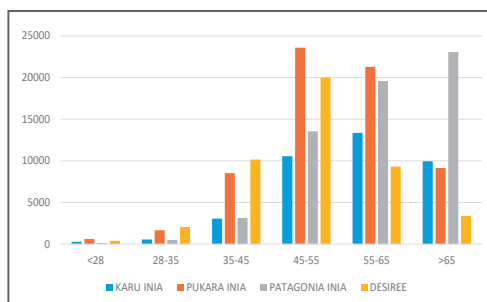


Gráfico 7. Distribución de calibres comuna de Teodoro Schmidt

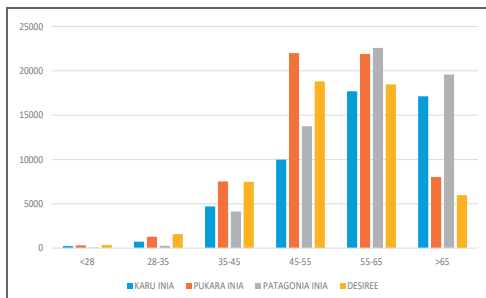


Gráfico 8. Distribución de calibres comuna de Gorbea

3.3.2 Detalle productivo por variedad en comunas

Los componentes del rendimiento para cada variedad se presentan en los cuadros 1, 2 y 3. En el caso de producción de tallos por hectárea, la variedad Pukará INIA fue la que presentó un mayor número, concordando con lo informado por Kalazich y otros, 2006; mientras que la variedad Patagonia INIA presentó el menor número en las comunas de Freire y Gorbea. En relación a la cantidad de tubérculos por hectárea, la variedad Pukará INIA es la que presenta un mayor número en las comunas de Freire, Teodoro Schmidt y Gorbea y en segundo lugar le sigue la variedad Desirée en todas las comunas mencionadas. La producción de tubérculos por tallo, ubica a la variedad Desirée en primer lugar en las comunas de Freire y Teodoro Schmidt, y la variedad Patagonia INIA iguala a Desirée en Teodoro Schmidt y supera a todas en Gorbea. El rendimiento total y comercial fue analizado en párrafos anteriores.

De esto se puede inferir que las variedades tienen comportamientos distintos en una determinada comuna, pero existe una tendencia para cada variedad (tallos/ha; tubérculos/ha; kg/ha y tubérculos/tallo).

Cuadro 1. Componentes del rendimiento comuna de Freire

| Freire | | | | |
|-----------------------|-----------|---------------|--------|------------------|
| Promedio por Variedad | Tallos/ha | Tubérculos/ha | kg/ha | Tubérculos/tallo |
| Karú INIA | 161.667 | 272.222 | 25.056 | 1,7 |
| Pukará INIA | 289.444 | 476.667 | 29.361 | 1,6 |
| Patagonia INIA | 151.667 | 275.000 | 33.000 | 1,8 |
| Desirée | 189.444 | 391.111 | 26.250 | 2,1 |

Cuadro 2. Componentes del rendimiento comuna de Teodoro Schmidt

| Teodoro Schmidt | | | | |
|-----------------------|-----------|---------------|--------|------------------|
| Promedio por Variedad | Tallos/ha | Tubérculos/ha | kg/ha | Tubérculos/tallo |
| Karú INIA | 134.375 | 270.313 | 35.391 | 2,0 |
| Pukará INIA | 314.583 | 642.188 | 60.755 | 2,0 |
| Patagonia INIA | 169.271 | 391.667 | 56.198 | 2,3 |
| Desirée | 241.146 | 559.896 | 42.474 | 2,3 |

Cuadro 3. Componentes del rendimiento comuna de Gorbea

| Gorbea | | | | |
|-----------------------|-----------|---------------|--------|------------------|
| Promedio por Variedad | Tallos/ha | Tubérculos/ha | kg/ha | Tubérculos/tallo |
| Karú INIA | 150.556 | 396.667 | 50.444 | 2,6 |
| Pukará INIA | 281.667 | 616.667 | 61.056 | 2,2 |
| Patagonia INIA | 137.222 | 456.667 | 60.361 | 3,3 |
| Desirée | 217.778 | 611.111 | 52.667 | 2,8 |

Literatura Consultada

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

Rojas J. S., Accatino P., Kalazich J., 1994. Metodología para mejorar la producción y uso de tubérculos semillas de papa en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias serie Remehue N° 51. 169 p.





4. Antecedentes sobre Fertilización del Cultivo de Papa

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
Sebastián Meier Romero
Ing. Agrónomo Dr.
INIA Carillanca



4.1 Generalidades

Uno de los manejos críticos en el cultivo de papa es la fertilización del cultivo. Es así como existe la necesidad de contar con la disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de cada etapa fenológica, permitiendo de esta forma alcanzar los objetivos productivos propuestos. La importancia de los elementos en la nutrición depende de la cantidad requerida o extraída por el cultivo. En tal sentido es que los nutrientes son definidos como macronutrientes (primarios y secundarios) y micronutrientes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Nutrientes esenciales en el cultivo de papa y forma de absorción por la planta

| Macronutrientes (6) | | Micronutrientes (8) | |
|--|--|--|--|
| Nutrientes primarios(3) | Nutrientes secundarios (3) | Metales (6) | No Metales (2) |
| Nitrógeno -absorbido como NO_3^- y NH_4^+ | Azufre -absorbido como SO_4^{2-} | Hierro absorbido como Fe^{2+} y Fe^{3+} | Boro-absorbido fundamentalmente como H_2BO_3^- |
| Fósforo -absorbido como H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} en suelos alcalinos | Calcio -absorbido como Ca^{2+} | Manganeso absorbido como Mn^{2+} | Cloro absorbido principalmente como Cl^- |
| Potasio -absorbido como K^+ | Magnesio -absorbido como Mg^{2+} | Zinc absorbido como Zn^{2+} | |
| | | Cobre absorbido como Cu^{2+} | |
| | | Molibdeno absorbido en solución del suelo principalmente MoO_2^{-4} | |
| | | Níquel Ni^{2+} | |

4.1.1 Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo se entiende como la capacidad de éste para suministrar los nutrientes necesarios para las plantas en cada etapa de desarrollo, en la cantidad necesaria y forma química asimilable. Además, se deben considerar otros factores tales como: clima, genotipo, estado fenológico de la planta, las propiedades físico químicas y biológicas del suelo y las prácticas culturales de manejo que determinan su absorción.

4.1.2 Análisis del suelo

La fertilidad del suelo se puede medir a través de un análisis químico, herramienta de diagnóstico que entrega información para determinar la disponibilidad de nutrientes. Esto es la base para elaborar un plan de fertilización para el establecimiento y manejo de un cultivo.

Cuadro 2. Características químicas del suelo apropiadas para el cultivo de la papa (Hirzel, 2011)

| Elemento o variable analizada | Unidad de medida | Nivel adecuado según textura | |
|------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | Franco arenosa a franco limo arenosa | Franco limosa a franco arcillosa |
| Materia orgánica | % | Mayor a 1.5 | Mayor a 1.5 |
| pH | --- | 6.0 – 7.0 | 5.6 – 6.8 |
| Conductividad eléctrica | dS m ⁻¹ | Menor a 1.5 | Menor a 1.5 |
| Capacidad de intercambio catiónico | cmol (+) kg ⁻¹ | 8 – 15 | 15 - 30 |
| Nitrógeno | mg kg ⁻¹ | 15 – 30 | 20 - 40 |
| Fósforo | mg kg ⁻¹ | Mayor a 15 | Mayor a 20 |
| Potasio | cmol (+) kg ⁻¹ | 0.3 – 0.5 | 0.4 - 0.6 |
| Calcio | cmol (+) kg ⁻¹ | 7 – 10 | 8 - 12 |
| Magnesio | cmol (+) kg ⁻¹ | 1.0 – 1.5 | 1.2 – 2.0 |
| Sodio | cmol (+) kg ⁻¹ | 0.03 – 0.3 | 0.05 – 0.6 |
| Suma de bases | cmol (+) kg ⁻¹ | Mayor a 8 | Mayor a 10 |
| Relación de Calcio sobre la CIC | % | 60 – 65 | 55 - 65 |
| Relación de Magnesio sobre la CIC | % | 12 – 15 | 10 - 15 |
| Relación de potasio sobre la CIC | % | 2 – 3 | 3 - 4 |
| Saturación de Aluminio | % | Menor a 5% | Menor a 5% |
| Azufre | mg kg ⁻¹ | Mayor a 8 | Mayor a 10 |
| Hierro | mg kg ⁻¹ | 2 – 4 | 2 - 10 |
| Manganeso | mg kg ⁻¹ | 1 – 2 | 2 - 5 |
| Zinc | mg kg ⁻¹ | 0.8 – 1.5 | 1 - 2 |
| Cobre | mg kg ⁻¹ | 0.5 – 1 | 0.5 - 1 |
| Boro | mg kg ⁻¹ | 0.8 – 1.5 | 1 - 2 |

4.1.3 Requerimientos nutricionales del cultivo

La papa es un cultivo con alta respuesta a la aplicación de fertilizantes debido a que posee un alto índice de cosecha (76%), una baja densidad radical que limita su eficiencia de absorción de nutrientes (Cuadro 3) y un ciclo de desarrollo corto (90-160 días). Por lo anterior, existe una alta demanda de nutrientes, necesarios para alcanzar un óptimo desarrollo.

Cuadro 4.3 Densidad radical de algunos cultivos (Sierra *et al.*, 2002)

| Cultivo | Densidad radical (cm/cm ³) |
|--------------------------------|--|
| Pradera de ballica establecida | 15,0 |
| Pradera de alfalfa establecida | 10,0 |
| Cebada | 5,5 |
| Pradera de trébol establecida | 5,0 |
| Avena | 5,0 |
| Trigo | 5,0 |
| Maíz | 3,0 |
| Raps | 2,2 |
| Papa | 1,7 |

De manera adicional, los nutrientes requeridos por el cultivo dependerán en forma muy especial del potencial de rendimiento (determinado por el genotipo vegetal), de la tecnología que utilice el productor y de las condiciones ambientales donde se desarrolle éste.

4.2 Factores que afectan los requerimientos de nutrientes

4.2.1 Rendimiento potencial de tubérculos

Para alcanzar el potencial de rendimiento se requiere cumplir condiciones técnicas, ambientales y ausencia de estreses bióticos y abióticos. Bajo esta premisa se puede definir el requerimiento nutricional de un cultivo.

4.2.2 Suelo y factores ambientales

Las características químicas y físicas del suelo ejercen un efecto en la disponibilidad de nutrientes en la planta. Restricciones en el crecimiento de las raíces por compactación o poca profundidad de suelo reducen la captación y extracción de nutrientes por el cultivo (Stark *et al.*, 2004).

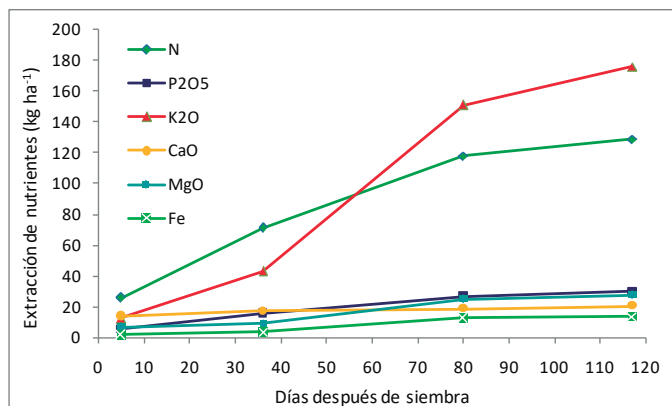
Bajas temperaturas del suelo durante estadios de crecimiento reducen la actividad fisiológica de raíces y su crecimiento, disminuyendo la extracción de nutrientes. Este efecto es particularmente significativo para el fósforo que es poco móvil en el suelo y requiere raíces con una alta eficacia para su extracción. Por lo tanto, la distribución del fertilizante debe ser lo más cercano al área de las raíces o en su defecto se debe aplicar mayores cantidades para compensar, en parte, el efecto de la baja temperatura del suelo. Estas condiciones también pueden reducir la tasa de mineralización de nutrientes (por ejemplo, nitrógeno N) desde la materia orgánica haciendo más lenta la conversión de amonio a nitrato (Stark *et al.*, 2004).

4.2.3 Enfermedades

Enfermedades tales como *Rhizoctonia solani* y *Pectobacterium sp.*, que atacan tejido de raíces y tallos, pueden reducir significativamente el consumo y transporte de nutrientes dentro de la planta. Por lo tanto, se requiere el uso de estrategias de control apropiadas para patógenos manteniendo raíces sanas capaces de consumir nutrientes de manera óptima (Stark *et al.*, 2004). Para mayor información ver capítulo de enfermedades del cultivo.

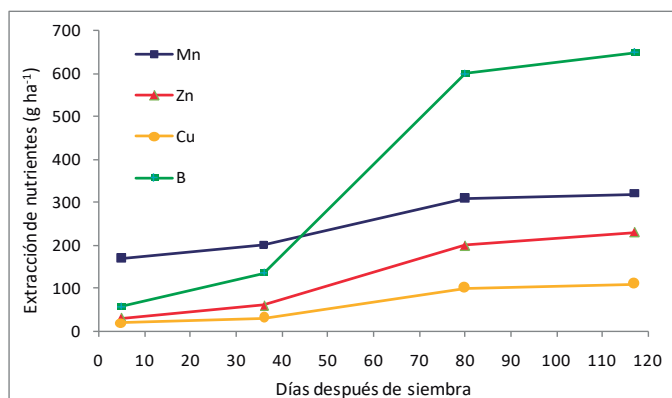
4.3 Criterios para el manejo de nutrientes

La extracción de nutrientes minerales en el cultivo de papa está determinada principalmente por el rendimiento potencial del cultivo (Rodríguez, 1990). Entre los principales nutrientes destacan (por la cantidad extraída) el potasio y nitrógeno, le siguen en importancia el fósforo, calcio, magnesio y azufre. Los elementos menores que pueden ser importantes en la zona sur son el boro y el zinc. Los micronutrientes cuantitativamente menos importantes son el molibdeno y el cloro.

a

La extracción de nutrientes de este cultivo en su período de máxima acumulación por cada tonelada de producción corresponde a:

- 2,8 kg N
- 0,64 kg P²O⁵
- 3,8 kg K²O
- 0,45 kg CaO
- 0,6 kg MgO
- 0,3 kg Fe

b

La extracción de micronutrientes de este cultivar en su período de máxima acumulación para una tonelada de producción corresponde a:

- 300 gr Fe
- 7,0 gr Mn
- 5,0 gr Zn
- 2,4 gr Cu
- 14,1 gr B

Gráfico 1. Extracción de nutrientes del cultivo de papa var. Desirée para un rendimiento de 46 ton/ha. a) Extracción de macronutrientes b) Extracción de micronutrientes (Undurruga e Hirzel, 2011)

4.3.1 Fertilización del cultivo

La fertilización del cultivo se define de acuerdo a factores que deben evaluarse de manera particular. **No es posible referirse a una dosis única, ni al uso de “recetas universales”,** ya que la dosis de fertilizantes a aplicar dependerá de factores tales como:

- **Aporte de nutrientes del suelo:** el suelo es la fuente más importante de nutrientes para el desarrollo del cultivo, los cuales son cuantificados a través de un análisis químico de suelo.

- **Rotación de cultivos:** se debe considerar la rotación de cultivos, dado que entrega información a considerar, como el aporte residual de nutrientes que ayuda a planificar la estrategia de fertilización para el siguiente cultivo.
- **Objetivo productivo:** en el cultivo existen cuatro tipos de producción como son: papa guarda, papa temprana, papa para la industria y papa para semilla. Cada uno, tiene distintos requerimientos de fertilización.
- **Variedad utilizada:** los requerimientos de fertilización serán diferentes de acuerdo a la variedad (genotipo) o cultivar utilizado.
- **Rendimiento esperado:** la fertilización es función del rendimiento esperado. En la medida que se esperen rendimientos mayores, los requerimientos de fertilización deben ser incrementados para satisfacer las demandas del cultivo.
- **Condición de riego:** la humedad del suelo es fundamental para el transporte de nutrientes. Este aspecto debe ser considerado dado que en general en suelos con riego la movilidad de nutrientes aumenta y con esto la eficiencia en la absorción de nutrientes.

4.3.2 Dosis de fertilización de acuerdo al método racional

Según Rodríguez (2001), las interacciones del sistema clima-suelo-cultivo-fertilizante han sido simplificadas a tres componentes para la formulación de la dosis: requerimiento del nutriente, suministro del nutriente y eficiencia de la fertilización.

Así, la ecuación general para la estimación de la fertilización es la siguiente:

$$\text{Dosis de fertilización} = \frac{\text{Requerimiento del nutriente} - \text{Suministro del nutriente}}{\text{Eficiencia de la fertilización}}$$

- a) **Demanda de nutrientes:** los factores de demanda de nutrientes del suelo varían y no existe uniformidad entre los distintos estudios y autores evaluados, por lo cual se ha establecido un factor de demanda medio de 3,0 kg de N, 0,50 kg de P y 5,0 kg de K por cada tonelada de papa a producir (Sierra, 1985; Pinilla, 2009; Undurraga e Hirzel, 2011). Por lo tanto, si un productor estima una producción de 60 ton/ha, la demanda de N sería 180 kg/ha (60 ton/ha x 3,0 kg N/ton), mientras que en el caso del fósforo el cultivo demandaría 48 kg/ha (60 ton/ha x 0.8 kg P/ton). Finalmente, la demanda por potasio sería de 300 kg/ha (60 ton/ha x 5,0 kg K/ton).

- b) **Suministro de nutriente:** es la cantidad de nutriente que puede ser aportado por el suelo durante el desarrollo del cultivo. Para esto es **FUNDAMENTAL** realizar un análisis químico de suelo previo a la plantación. En el caso del N, diferentes estudios plantean un aporte anual promedio de 90 kg N/ha para la zona sur del país. En el caso del P hay que tener en cuenta la capacidad del cultivo de absorber P (factor de absorción). En distintos experimentos se ha observado que, en promedio, el factor de absorción de P para suelos del sur de Chile es de 1.0 kg de P por cada unidad de P-Olsen que entrega el análisis de suelo (Pinilla, 2011). Finalmente, el suministro de potasio se obtiene a través del producto del K intercambiable que entrega el análisis de suelo en mg de K/kg multiplicándolo por el factor 1,5.
- c) **Eficiencia de fertilización:** corresponde a la fracción del nutriente total aplicado que será absorbido por el cultivo, la que dependerá del tipo de suelo y de la tecnología de fabricación y aplicación del fertilizante. En el caso del N se ha establecido que la eficiencia de fertilización nitrogenada fluctúa entre 50 y 55%. En cuanto al fósforo, la eficiencia de fertilización para los suelos presentes en el sur de Chile es de un 9%. Finalmente, para el potasio K, se han observado eficiencias de fertilización de alrededor de un 60%.

Para una fertilización fosforada y potásica eficiente, se recomienda localizar e incorporar los fertilizantes en el surco previo a la plantación del tubérculo semilla.

Una producción rentable y sustentable en el cultivo de papa requiere de un manejo razonado de la fertilización. Por lo tanto, la dosis de fertilización debe ser establecida a partir del balance entre **demanda, suministro del nutriente y eficiencia de fertilización**.

4.3.3 Ejemplo de cálculo de fertilización usando el modelo racional

Supongamos que se quiere producir 65 ton/ha en base al siguiente análisis de suelo:

| | |
|--------------------------|------|
| Fósforo (ppm) | 18 |
| Materia orgánica (%) | 9 |
| pH H ₂ O | 5.7 |
| Potasio (ppm) | 98 |
| Nitrógeno | 14 |
| Suma de bases (cmol+/kg) | 9.06 |

Dosis de Nitrógeno

Demanda = (65 ton/ha x 3.0 kg N/ton) = 195 kg N/ha

Suministro = 90 kg N/ha

Dosis = (195 -90)/0.6 = 175 kg N/ha

Dosis de fósforo

Demanda = (65 ton/ha x 0.5 kg P/ton) = 33 kg P/ha

Suministro = 18 mg P/kg x 1 kg P mg P/ ha = 18 kg P/ha

Dosis = (33-18)/0.08 = 188 kg

Dosis de P_2O_5 = 188 x 2.29 = 430 kg P_2O_5

Dosis de potasio

Demanda = (65 ton/ha x 5 kg K/ton) = 325 kg K/ha

Suministro = (98 mg K kg⁻¹ x 1,5) = 147 kg K/ha

Dosis = (325 - 147)/0,55 = 324 kg K/ha

Dosis de K_2O = 388 kg K_2O /ha

4.4 Manejo del nitrógeno

El nitrógeno influye en la producción de biomasa, calibre de tubérculos, gravedad específica (que es una comparación entre la densidad de una sustancia y la densidad del agua) y su calidad tanto interna como externa (Stark *et al.*, 2004). La deficiencia de este elemento afecta el desarrollo de la planta, manifestándose en primer lugar en hojas viejas que se vuelven cloróticas desde la punta hasta extenderse a la totalidad a través de la nervadura central. Las hojas adquieren un color verde amarillento y en los casos más graves la planta se marchita y muere (fisiopatía provocada en las plantas por falta de clorofila). En general, una deficiencia de nitrógeno tiende a producir un adelantamiento de la madurez del cultivo, sin embargo, excesos producen una coloración verde intensa y un tono brillante y verde muy oscuro, determinando un retraso en la madurez del cultivo.

4.4.1 Consumo de nitrógeno

El nitrógeno es acumulado inicialmente en el follaje hasta los primeros 80 días. Luego de esto comienza el crecimiento de los tubérculos y es movilizado desde la parte aérea concentrándose así en los tubérculos. Por lo anterior, una adecuada cantidad de nitrógeno debe estar disponible en estadios tempranos para una adecuada formación de la canopia o cierre de hilera. No obstante, una excesiva disponibilidad de nitrógeno previo al inicio de tuberización puede retardar el llenado de tubérculos. El exceso de nitrógeno en los primeros estados de desarrollo puede incrementar la susceptibilidad a mancha café y corazón hueco (Stark *et al.*, 2004).

4.4.2 Fuentes de nitrógeno disponible

El cultivo puede obtener nitrógeno desde varias fuentes, tanto inorgánicas (nitrato y amonio), nitrógeno mineralizado a partir de materia orgánica provenientes de residuos de cultivo anteriores, residuos animales y/o nitrógeno presente en agua de riego (Stark *et al.*, 2004).

El amonio es un ion cargado positivamente, atraído por las cargas superficiales negativas de las arcillas y materia orgánica. El nitrato es un ion cargado negativamente, repelido por la materia orgánica y las arcillas con carga superficial negativa. Por esta razón el nitrato se mueve fácilmente en la solución del suelo. El amonio en el suelo es rápidamente transformado a nitrato mediante bacterias (proceso conocido como nitrificación). El nitrato es la principal forma de N absorbida por las plantas, pero también es la forma más lábil. El N puede perderse desde el sistema suelo/planta de varias maneras, incluyendo volatilización, desnitrificación y lixiviación.

4.4.3 Recomendaciones de fertilización nitrogenada

Dada la movilidad que presenta el nitrógeno en el suelo, la fertilización con este nutriente debe ajustarse al rendimiento esperado y al objetivo productivo. Por ejemplo: el estándar de aplicación en papa semilla va desde 60 a 80 unidades N/ha y en papa consumo (guarda) desde 120 a 180 unidades de N/ha, dependiendo de la variedad, del tipo de suelo y de la condición de riego o seco. Existen variados estudios de calibración de dosis de referencia de nitrógeno que establecen dosis de acuerdo a la disponibilidad que presenta el suelo y la zona agroclimática, como se puede observar en el cuadro 4.

Cuadro 4. Dosis de fertilización de referencia para N, según rendimiento a alcanzar y disponibilidad del nutriente según análisis de suelo

| Rendimiento esperado Ton/ha | Dosis de N (kg/ha) N Disponible en el suelo (mg N/kg) | | | | | | |
|--------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 50 |
| 40 | 100 | 90 | 75 | 60 | 50 | 40 | 0 |
| 60 | 190 | 180 | 160 | 150 | 140 | 130 | 80 |
| 80 | 280 | 270 | 260 | 250 | 234 | 223 | 170 |

Fuente: Sandaña, P. (2015)

4.4.4 Parcialización de nitrógeno

Evaluaciones realizadas en INIA Carillanca (Campillo, 2003) indican que el manejo eficiente del nitrógeno implica la parcialización de este en tres estados de desarrollo del cultivo (30% a la siembra, 35% a la emergencia y 35% previo a la aporca). Lo anterior es concordante con lo planteado por Lauer, 1984; indicando que no se debe aplicar más de un tercio del total de N requerido por la planta en pre-plantación.

En la actualidad, por razones económicas, la mayoría de los productores realizan dos aplicaciones, una a la siembra (50%) y otra previa a la aporca coincidiendo con la aparición y llenado de tubérculos.

Se debe evitar aplicar dosis altas de nitrógeno en los primeros estados de desarrollo (plantación/emergencia), debido a que favorecería una proporción desbalanceada de raíces y brotes, retrasando la madurez del cultivo, resultando en una menor producción de tubérculos (Lang *et al.*, 1999). Finalmente, la correcta parcialización del nitrógeno incrementa la eficiencia de absorción y reduce las pérdidas a través de lixiviación, mejorando la producción y calidad.

4.5 Manejo del fósforo

Según Rosen *et al* (2014), el fósforo acelera el desarrollo del cultivo, la división celular de tejidos radicales, tuberización y síntesis de almidón. Es esencial para optimizar el rendimiento de tubérculos, contenido de sólidos, calidad nutricional y resistencia a algunas enfermedades.

Su déficit produce plantas pequeñas de color violáceo o amoratado (por efecto de la acumulación de antocianinas) debido a la detención del crecimiento celular (Marschner, 1986). Además, conduce a un débil desarrollo de la planta, tanto de su parte aérea como del sistema radical. Por otro lado, es difícil encontrar casos de exceso de P en las plantas debido principalmente a la naturaleza de nuestros suelos (sobre trumaos).

El fósforo es un elemento poco móvil en el suelo por lo cual necesita ser adecuadamente incorporado para facilitar su absorción por parte del sistema radical de la planta. Por lo anterior, el P no es fácilmente lixiviado, sin embargo, puede ser perdido en áreas con pendientes y propensas a erosión, vía escurrimiento superficial cuando la aplicación de P coincide con eventos de alta pluviometría.

4.5.1 Consumo de fósforo

Según Stark *et al.*, (2004), la cantidad de fósforo en la solución del suelo es usualmente menor que 1.12 kg P/ha (0.01 a 0.3 ppm) por lo tanto, necesita ser constantemente incorporado desde fuentes de fósforo lábiles. El fósforo lábil del suelo consiste en minerales y fuentes orgánicas que se disuelven o mineralizan fácilmente. El consumo diario de fósforo requerido va desde 0.33 a 0.56 kg P/ha/día.

La papa tiene un bajo requerimiento de fósforo (25 a 45 kg P/ha), pero se requiere una alta disponibilidad de este elemento en el suelo lo que indica una baja eficiencia de consumo asociada a su baja densidad radical (Cuadro 4.3). En este sentido, la papa tiene un sistema radical relativamente superficial, encontrándose la mayoría de las raíces en los primeros 30 cm de suelo, donde los pelos radicales alcanzan un 21% del total de la masa de raíces, comparada con un 30 a 60% en otros cultivos. Un estudio sugiere que los pelos radicales representan hasta el 90% de la absorción total de las plantas cuando la concentración de fósforo en el suelo es baja. El sistema de raíces de la papa tiende a disminuir en el final de la temporada cuando la demanda de fósforo es más alta, una respuesta que está en contraste con muchas otras especies que acumulan el fósforo temprano en la temporada de crecimiento (Fixen y Bruulsema, 2014). Las raíces de la papa generalmente detienen su desarrollo entre 60 y 90 días post plantación, aspecto estrechamente vinculado con la maduración de la canopia del cultivo y la finalización del desarrollo foliar. A medida que la planta desvía recursos al desarrollo de tubérculos, el sistema radical comienza a deteriorarse a pesar de que el requerimiento en el consumo de nutrientes es todavía relativamente alto.

La absorción de fósforo progresa de forma continua a lo largo de la temporada, mientras que el nitrógeno muestra poca o ninguna absorción adicional después de unos 80 días después de la emergencia (Kelling *et al.*, 1998). Esta situación es una desventaja significativa para el cultivo, especialmente a la luz de su susceptibilidad a los patógenos que pueden degradar los sistemas radicales y vasculares, afectando negativamente la absorción y translocación del fósforo.

4.5.2 Fertilización fosfatada en papa

Los niveles de fertilización recomendados de este nutriente son altos ya que se aprovecha solo el 30% del fósforo aplicado como fertilizante. Según Sierra (2002), el fósforo debe aplicarse localizado en bandas para mejorar su eficiencia de utilización principalmente en suelos con niveles deficientes. Lo anterior concuerda con lo planteado por Rosen (2014), indicando que el fertilizante fosfatado se usa más eficientemente cuando es aplicado en banda al momento de la siembra (a 5 cm a cada lado de la papa semilla).

La cantidad de fertilizante utilizado puede ser superior a 400 kg de P_2O_5 /ha en la temporada, en un escenario de alto rendimiento, mientras que la mayoría de las otras especies de cultivos requieren alrededor de la mitad de la cantidad de P que la papa requiere. Por ejemplo, en los Estados Unidos, la gran mayoría de la producción de papa se produce en los Estados del noroeste. En dichos Estados la proporción máxima de fertilizante recomendada es de 134 kg de P_2O_5 /ha para el maíz (Brown *et al.*, 2010), mientras que la tasa máxima para papa va desde de 252 a 493 kg de P_2O_5 /ha (Lange *et al.*, 1999; Stark *et al.*, 2004).

4.5.3 Criterios de fertilización fosfatada en papa

4.5.3.1 Método racional

Estudios realizados por INIA en el sur de Chile plantean dosis de aplicación de acuerdo al método racional de cultivos de Rodríguez (1993), donde bajo una condición de suelo sin problemas de acidez se determinan las dosis requeridas para un determinado estándar productivo (Cuadro 5 y 6).

Cuadro 5. Dosis de fertilización de referencia para P (P_2O_5) por el método racional, según rendimiento a alcanzar y disponibilidad del nutriente de acuerdo al análisis de suelo para variedades Karú INIA y Patagonia INIA

| Tipo de suelo | Rendimiento esperado (t/ha) | Nivel de P-Olsen (mg/kg) (análisis de suelo a 20 cm de profundidad) | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--|-----|-----|------|------|----|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| Trumao | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 30 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 40 | 183 | 86 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 50 | 326 | 229 | 132 | 34 | 0 | 0 |
| | 60 | 469 | 372 | 275 | 178 | 80 | 0 |
| Rojo Arcilloso | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 30 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 40 | 162 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 50 | 290 | 204 | 117 | 30,5 | 0 | 0 |
| | 60 | 417 | 331 | 244 | 158 | 71,2 | 0 |

Se utiliza un factor de demanda de 0,5 kg por tonelada de rendimiento, un factor de absorción de 1,7 kg de P/ppm de P-Olsen y una eficiencia de fertilización fosfatada de 0.08 para suelo trumao y 0.09 para rojo arcilloso

Fuente: Sandaña, P. (2012)

Cuadro 6. Dosis de fertilización de referencia para P(P₂O₅), por el método racional, según rendimiento a alcanzar y disponibilidad del nutriente de acuerdo al análisis de suelo para la variedad Desirée, utilizando un factor de demanda de 0,35 kg por tonelada de rendimiento

| Tipo de suelo | Rendimiento esperado (t/ha) | Nivel de P-Olsen (mg/kg) (análisis de suelo a 20 cm de profundidad) | | | | | | |
|----------------|-----------------------------|--|------|-----|-----|-----|----|----|
| | | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| Trumao | 25 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 30 | 72 | 14,3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 40 | 171 | 115 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 50 | 272 | 215 | 157 | 100 | 43 | 0 | 0 |
| | 60 | 372 | 314 | 257 | 200 | 143 | 86 | 29 |
| Rojo Arcilloso | 25 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 30 | 64 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 40 | 153 | 102 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 50 | 242 | 191 | 140 | 89 | 38 | 0 | 0 |
| | 60 | 331 | 280 | 229 | 178 | 127 | 76 | 25 |

Factor de absorción de 1 kg de P/ppm de P-Olsen y una eficiencia de fertilización fosfatada de 0.08 para suelo trumao y 0.09 para rojo arcilloso

Fuente: Pinilla, H. (2015)

4.5.3.2 Fertilización fosfatada de mantención

En casos que la dosis de recomendación sea igual a cero, se debe realizar una fertilización de mantención. Para la papa se debe considerar un factor de demanda de 0,35 para la variedad Desirée y 0,5 para las variedades Karú INIA y Patagonia-INIA, el cual se multiplica por las toneladas esperadas y se divide por el tipo de suelo (0,08 para un trumao y 0,09 para un rojo arcilloso, respectivamente) y el resultado se multiplica por 2,29 (factor de conversión de P a P₂O₅). Como se ve en el siguiente ejemplo:

Ejemplo de fertilización de mantención, para un suelo sin problemas de acidez

Variedad: Desirée

Rendimiento esperado: 40 Ton/ha

Suelo: rojo arcilloso

Nivel de fósforo: 15 ppm

Fertilización de mantención = ((40 x 0,35 – 15)/0,09) x 2,29

Fertilización de mantención= (1/0.09)x 2,29

Fertilización de mantención= 25 unidades P₂O₅.

4.6 Manejo del Potasio

La papa requiere altos niveles de potasio en concentraciones comparables e incluso mayores que el nitrógeno (Tindall, 1992; Tindall and Westermann, 1994). Elemento que es captado por las raíces desde la solución del suelo como ion potasio (K^+).

La disponibilidad de potasio influye en la producción y tamaño de tubérculos en el peso específico, color y calidad de almacenamiento. Las deficiencias de potasio disminuyen la actividad fotosintética, reduciendo la producción de materia seca y almidón. Cuando la absorción de K es excesiva, este superávit se trasloca a los tubérculos causando una mayor absorción de agua y disminuyendo la gravedad específica.

4.6.1 Consumo de potasio

Según Stark *et al.*, (2004) la concentración de K óptima para la producción de tubérculos es de 1,8%. A esta concentración se requiere aproximadamente 0,22 kg de K_2O para producir 100 kg de papas. Un aumento en el volumen del cultivo a los 1.729 kg/ha/día requiere alrededor de 4.81 kg de k/ha/día, para mantener una óptima producción de materia seca. Los programas de fertilización de potasio deben ser diseñados para proporcionar suficiente cantidad a fin de mantener una concentración de K a un nivel óptimo en la planta durante todo el período de desarrollo de los tubérculos.

Según Sierra 2003, la cantidad total de potasio absorbido es más alta que la cantidad de nitrógeno, alcanzando a 480 kg de K_2O a los 77 días después de la siembra, para un rendimiento de 94 ton ha^{-1} en el cv Desirée. Esto equivale a tener una concentración de 250 mg kg^{-1} de potasio (K) en los primeros 20 cm de suelo, de los cuales el 65% se encuentra en el follaje y el 35 % restante en los tubérculos.

4.6.2 Recomendación de fertilización con potasio

La fuente de K tiene poco efecto en el rendimiento total, aunque el sulfato de potasio (K_2SO_4) tiende a producir ligeramente un mayor número de tubérculos y gravedades específicas más altas que el cloruro de potasio (KCl), particularmente cuando la fertilización potásica es aplicada en alta cantidad poco antes de la siembra. Las tasas de K deben mantenerse por debajo de 56 kg K_2O/ha , para evitar daños a los cultivos debido a los efectos de la sal del fertilizante. Las aplicaciones de fertilizante superior a 336 kg/ha deben dividirse entre aplicaciones de otoño y primavera para evitar las pérdidas de rendimiento (Stark *et al.*, 2004).

4.6.3 La fertilización potásica de acuerdo al método racional

Estudios realizados en INIA indican requerimientos de potasio en valores de 4,3 kg de K por tonelada, un factor de absorción de 1,15 kg K/mg K kg⁻¹ y una eficiencia de absorción de fertilización de un 60%. Otros autores como Pinilla indican valores 4,5 kg de K por tonelada, un factor de absorción de 1,5 y una eficiencia de absorción de fertilización de un 55%.

Cuadro 7. Dosis de referencia de K₂O, por al método racional. Considerando un factor de demanda de 4,3 kg de K por tonelada, un factor de absorción de K de 1,15 kg de K/mg de K kg⁻¹ y una eficiencia de absorción de fertilizante de 60%

| Rendimiento (t/ha) | K intercambiable (mg/kg) | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 25 | 50 | 75 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 |
| 25 | 158 | 100 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 30 | 201 | 143 | 86 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 40 | 287 | 229 | 172 | 114 | 57 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 | 373 | 315 | 256 | 200 | 143 | 85 | 26 | 0 | 0 |
| 60 | 459 | 401 | 344 | 286 | 229 | 171 | 114 | 56 | 0 |

En aquellas situaciones con “dosis cero” de potasio (Cuadro 7) se recomienda una fertilización de mantención equivalente a 3 kg K/tonelada cosechada, es decir, 3.6 kg de K₂O/ton.

4.7 Calcio

El calcio es un macronutriente esencial que se requiere para el crecimiento vegetal y un factor que influye en la calidad del tubérculo. Aunque la relación entre el calcio y la calidad del tubérculo tiene un interés significativo, la investigación no ha establecido una relación directa. Clough (1994) y Olsen *et al.*, (1995) sugieren una posible relación entre la baja disponibilidad de calcio y la severidad de la mancha parda interna de los tubérculos. Bajo algunas condiciones de campo esta enfermedad se ha reducido por la fertilización con calcio.

El calcio es inmóvil en tejidos vegetales, y para ser trasladado a los tubérculos durante el crecimiento del cultivo, debe ser tomado por los estolones y/o raíces de los estolones. Por lo tanto, cualquier programa de fertilización con calcio debe estar diseñado para aumentar su concentración en la zona de formación de tubérculos. Para mantener la disponibilidad en esta zona debe considerarse la solubilidad y el potencial de lixiviación de los fertilizantes que aportan calcio. Según Stark *et al.*, (2004) a concentraciones de Ca intercambiable menores de 1,49 meq/100 g de suelo, indicaría una necesidad de suplementar con este elemento.

4.7.1 Magnesio

Este elemento forma parte integral de la molécula de clorofila. La producción del cultivo depende en gran medida de su área fotosintética y que ella esté activa por largo tiempo, por lo que el aporte de este nutriente es básico para lograr dicho cometido. Además, este elemento es importante en las etapas de crecimiento del tubérculo ya que le otorga calidad durante el crecimiento.

Altas concentraciones de K^+ , Ca^{2+} o NH_4^+ en el suelo antagonizan la absorción de Mg^+ , pudiendo inducir deficiencias de este nutriente (Ver Cuadro 2). Stark *et al.*, (2004) señalan que la concentración crítica de magnesio disponible en el suelo es de 100 mg kg^{-1} (0.83 cmol⁺ de Mg intercambiable) bajo la cual este nutriente es limitante para el rendimiento del cultivo. Según Undurraga (2011), es importante considerar las relaciones entre cationes del suelo Ca/Mg, K/Mg, para evitar antagonismos entre los cationes que puedan interferir en la absorción. Se consideran estas relaciones adecuadas cuando el Ca/Mg se encuentra alrededor de 5 y K/Mg entre 0.2 y 0.3. De no ser así se recomienda balancear estas relaciones de modo que se acerquen a los valores definidos cuando se establece un programa de fertilización.

4.7.2 Azufre

El azufre es un elemento esencial en el crecimiento y la producción de papa. La investigación indica que la relación entre tasa de aplicación y respuesta de la producción es limitada. Sulfato (SO_4^{-2}) es un ion móvil y puede estar sujeto a lixiviación. Por lo tanto, la deficiencia de azufre puede ocurrir a principio de temporada, donde se podría lixiviar dado que el sulfato se movería por debajo de la zona radical (Lang *et al.*, 1999).

La aplicación de fertilizantes azufrados suele ser necesario en suelos donde los niveles de azufre, a profundidades de 0 a 30 cm, están por debajo de 15 ppm. Otras formas disponibles de la planta incluyen azufre mineralizado de la materia orgánica y de residuos de cultivos y azufre almacenado en forma de yeso ($CaSO_4$) en la zona radical del cultivo (Stark *et al.*, 2004).

El sulfato de azufre (SO_4-S) es fácilmente disponible para la absorción de la planta, pero es susceptible a lixiviación. El azufre elemental, por otra parte, necesita ser oxidado a SO_4 antes de ser captado por las raíces. Cuando se aplica azufre elemental hay a menudo una demora significativa en la conversión a SO_4-S debido a la baja actividad de bacterias que transforman el S a sulfato. Este proceso es particularmente crítico bajo condiciones de suelos fríos y húmedos que retrasan aún más el proceso de oxidación. Una aplicación antes de la siembra de 34 a 45 kg SO_4-S / ha como sulfato de amonio o sulfato de potasio es suficiente para satisfacer los requerimientos del cultivo (Stark *et al.*, 2004).

4.7.3 Micronutrientes

Aunque hay datos limitados para apoyar una respuesta económica a la aplicación de micronutrientes tales como boro (B), hierro (Fe), manganeso (Mn) o cobre (Cu), la idea de aplicar mezclas de fertilizantes completos que contienen estos nutrientes es atractiva para muchos productores. Dichos nutrientes son necesarios solo en pequeñas cantidades, pero son esenciales para el crecimiento vegetal (Lang *et al.*, 1999). Las concentraciones de zinc del suelo sobre 1,0 ppm (extraídas con DTPA) se consideran suficientes, mientras que las concentraciones de suelo <0,8 ppm pueden causar síntomas de deficiencia recomendándose aplicaciones de 11 kg Zn equivalente/ha (Lang *et al.*, 1999). La aplicación de boro se requiere en niveles bajos para un crecimiento óptimo. Un exceso de boro puede tener un impacto negativo en el crecimiento debido a la toxicidad para la planta y debe ser evitado. Las tasas de aplicación recomendadas varían de 0 a 5,6 kg B/ha (Lang y Stevens, 1997). El boro se debe aplicar en una aplicación incorporada y no en bandas.

4.8 Criterio de fertilización basado en tablas de fertilización referencial

Otro criterio ampliamente utilizado tiene que ver con el uso de tablas o valores de fertilización referencial, los cuales se basan en antecedentes experimentales donde se consideran condiciones de suelo, opinión de colaboradores técnicos, factores económicos, y también criterio de sustentabilidad de los recursos edáficos para mantener o incrementar la fertilidad de los suelos. Este criterio utiliza rangos de fertilización de acuerdo al **Sistema de Recomendación de Fertilización** para el cultivo de papa que utiliza en forma rutinaria el Laboratorio Central de Análisis de Suelos de INIA. Estas recomendaciones consideran las características propias de suelos y resultados experimentales de ensayos de fertilización de papa desde la década de los años 70's a la fecha. En el cuadro 8 se presentan fertilizaciones referenciales para la Región de La Araucanía con un rendimiento de papa de 35 a 45 ton/ha en suelos andisoles y ultisoles.

Cuadro 8. Guía de fertilización del cultivo de papa en la Región de La Araucanía para un rendimiento potencial de (35-45 ton/ha). (Adaptado de Undurraga, P., e Hirzel, J.2011)

| Nutriente a aplicar | Parámetro de suelo o de manejo usado como indicador de dosis | Valor de referencia usado en la recomendación | Dosis referencial del nutriente (kg/ha) Andisol | Dosis referencial del nutriente (kg/ha) Ultisol |
|-------------------------------|--|---|---|---|
| N | Pre cultivos y residuos de cosecha | Cultivos anuales | 130 -145 | 140 -160 |
| | | Cultivos y praderas | 110 -130 | 120 -140 |
| | | Pradera (> 4 años) | 80 -105 | 95 -100 |
| P ₂ O ₅ | P Olsen (mg/kg) | <10 | 360 – 400 | 290 - 320 |
| | | 10-16 | 280 – 340 | 225 - 260 |
| | | >16 | 190 – 240 | 145 - 190 |
| K ₂ O | K intercambiable (cmol/kg) | < 0,25 | 250 – 290 | 290 - 320 |
| | | 0,25-0,5 | 190 – 240 | 240 - 280 |
| | | >0,5 | 130 -175 | 160 - 230 |
| CaCO ₃ | Sat. Al % | >10 | 3000 - 40000 | 2500 - 3000 |
| | | 5-10 | 1500 - 2500 | 1200 - 2000 |
| | | <5 | 0 – 1200 | 0 - 1000 |
| MgO | Mg intercambiable (cmol/kg) | <0.5 | 30 – 40 | 35 - 50 |
| | | 0,5-1,0 | 20 – 30 | 25 - 35 |
| | | >1 | 5 – 15 | 10 - 25 |
| S | S disponible (mg/kg) | < 10 | 40 – 45 | 40 - 55 |
| | | 10-18 | 15 – 30 | 20 - 35 |
| | | >18 | 10 -15 | 10 - 20 |
| B | B disponible (mg/kg) | <0,5 | 2,5 – 3,0 | 2.5 - 3.0 |
| | | 0,5 - 1 | 1,5 – 2,5 | 1,5 – 2,5 |
| | | >1 | 0,5 – 1,0 | 0,5 – 1,0 |
| Zn | Zn disponible (mg/kg) | <0,5 | 1,5 – 2,5 | 1,5 – 2,5 |
| | | 0,5 – 1 | 1,0 – 1,5 | 1,0 – 1,5 |
| | | >1 | 0 – 1,0 | 0 – 1,0 |

4.8.1 Fertilizantes utilizados en papa

En general, los fertilizantes son sales aplicadas al suelo para suplir la necesidad de un cultivo. Existen fertilizantes simples y compuestos, los primeros poseen en su concentración un elemento y los segundos poseen dos o más elementos nutritivos cuadro 9. Además, el mercado ofrece mezclas físicas que pueden incluir tres o más elementos, siendo útiles cuando se adaptan a las necesidades del cultivo.

4.8.2 Conclusiones

Basados en la información presentada en el presente capítulo, **se establece que existe más de un criterio para definir un plan de fertilización para el cultivo de papa.** En tal sentido se cuenta con un método racional y un criterio de fertilización referencial. Definir cuál es más, o menos eficiente, no es tarea fácil, pero si se puede utilizar una mezcla de ambos criterios para definir una fertilización óptima y eficiente que cumpla las expectativas productivas del agricultor, y que además sea amigable con el medio ambiente, cuidando el recurso suelo/agua y haciendo sustentable el sistema productivo.

La realidad regional indica muchas veces **que no se utilizan bien las herramientas disponibles como criterio de fertilización, comprometiendo pérdidas económicas para el productor y daño para el medio ambiente. Por lo cual, la recomendación final debe considerar todos los factores relacionados, no existiendo una receta única de fertilización, pues cada sistema productivo es único.**

Cuadro 9. Fertilizantes simples y compuestos

| Fertilizante | Nitrógeno (N) | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ O) | Calcio (CaO) | Azufre (S) | Magnesio (MgO) | Boro (B) | Cobre (Cu) | Hierro (Fe) | Manganeso (Mn) | Zinc (Zn) | Molibdeno (Mo) | Sodio Na | N-nitrógeno (%) |
|--|-----------------|---|------------------------------|----------------|--------------|----------------|----------|------------|-------------|----------------|-----------|----------------|----------|-----------------|
| Nitrato de sodio | 16 | | | | | | | | | | | | 26 | 100 |
| Complejo NK 15-0-14 | 15 | | 14 | | | | | | | | | | 18 | 100 |
| Supernitro monogramo | 25 | | 0.35 | | 0.1 | 0.2 | | | | | | | 18 | 50 |
| Urea | 46 | | | | | | | | | | | | | |
| Sulfato de amonio | 21 | | | | 24 | | | | | | | | | |
| Nitrato de amonio | 33 | | | | 0.1 | | | | | | | | | 50 |
| Nitrato de amonio cálcico CAN27 | 27 | | | | | 14 | | | | | | | | 50 |
| Nitrato de amonio cálcico magnésico CAN 22 | 22 | | | 10 | | 7 | | | | | | | | 50 |
| Nitrato de amonio cálcico magnésico CAN27 | 27 | | | 6 | | 4 | | | | | | | | 50 |
| Superfosfato normal | | 22 | | 28 | 12 | | | | | | | | | |

| Fertilizante | Nitrógeno (N) | Fósforo (P ₂ O ₅) | Potasio (K ₂ O) | Calcio (CaO) | Azufre (S) | Magnesio MgO | Boro (B) | Cobre (Cu) | Hierro (Fe) | Manganeso (Mn) | Zinc (Zn) | Molibdeno (Mo) | Sodio Na | N-nítrico (%) |
|---------------------------------|---------------|--|----------------------------|--------------|------------|--------------|----------|------------|-------------|----------------|-----------|----------------|----------|---------------|
| Superfosfato triple | | 46 | | 20 | 1 | | | | | | | | | |
| Fosfato monoamónico | 11 | 50 | | 2.4 | 2 | 0.1 | | | | | | | | |
| Fosfato diamónico | 18 | 46 | | | | | | | | | | | | |
| Cloruro de potasio | | | 60 | | | | | | | | | | | |
| Nitrato de Potasio | 13.5 | | 44 | | | | | | | | | | | 100 |
| Nitrato de Potasio y magnesio | 14 | | 40 | | | 4 | | | | | | | | |
| Sulfato de potasio | | | 50 | | | | | | | | | | | |
| Sulfato de magnesio (kieserita) | | | | | 20 | 25 | | | | | | | | |
| Óxido de magnesio | | | | | | 90-99 | | | | | | | | |
| Boronato calcita | | | | | | | 10 | | | | | | | |
| Ácido Bórico | | | | | | | 17 | | | | | | | |
| Óxido de zinc | | | | | | | | | | | 78 | | | |
| Sulfato de manganeso | | | | | | | | | | 32 | | | | |

Literatura consultada

Brown, B., J. Hart, D. Horneck, and A. Moore. 2010. Nutrient management for field corn silage and grain in the inland Pacific Northwest. PNW 615. Moscow: University of Idaho Agricultural Communications.

Clough, G.H. 1994. Potato tuber yield, mineral concentration, and quality after calcium fertilization. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:175-179.

Fixen, P.E., and T.W. Bruulsema. 2014. Potato Management Challenges Created by Phosphorus Chemistry and Plant Roots. *American Journal of Potato Research.* 91: 121-131.

Kelling, K.A., S.A. Wilber, R.F. Hensler, and L. M. Massie. 1998. Placement and irrigation effects on nitrogen use efficiency. *Proc. Wisconsin Annu. Potato Meet.* 11:79-88.

Lang N.S., Stevens R.G., Thornton R.E., Pan W.L. Victory S. 1999. Potato Nutrient Management For Central Washington. Cooperative Extension Washington State University [<http://potatoes.wsu.edu/wp-content/uploads/2014/11/lang.pdf>].

Lang, N.S. and R. G. Stevens. 1997. Survey of central Washington fertilizer recommendations. *Proc. Wash. State Potato Conf.* (In press).

Lauer, D.A. 1984. Response of RB potatoes to sprinkler – applied N fertilizer on Sandy soil. *Proc. Wash. State Potato Conf.* pages 39-49.

Marschner H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, New York. Pages 674.

Mikkelsen R., 2015. Phosphorus Management for Potatoes. *Better Crops/Vol. 99* (2015, N°4).

Olsen, N.L., L.K. Hiller, L.J. Mikitzel, R.E. Thornton, and W.L. Pan. 1995. Internal Brown spot (IBS) development in greenhouse grown 'Russet Burbank' tubers. *Proc. Wash. State Potato Conf.* Pages 29-35.

Rodríguez J., 1993. La fertilización de los cultivos un método racional. Publicación de la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, 291 p.

Rodríguez J., Pinochet D., Matus F., 2001. La fertilización de los cultivos, Santiago de Chile 117 p.

Rosen C., Kelling K., Stark J., Porter G., 2014. Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. *Am. J. Potato Res.* (2014) 91:145-160.

Sandaña P., 2012. Fertilización del cultivo de papa. Ficha técnica 06 papa. INIA Remehue.

Sandaña P., Santos J., Orena S., Kalazich J., 2012 Fertilización Nitrogenada para el Cultivo de Papa en la Zona Centro-Sur de Chile. Informativo 108, INIA Remehue.

Sierra C., Santos R., Kalazich J., 2002. Manual de Fertilización del Cultivo de la Papa en la Zona Sur de Chile. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 76. 104 p.

Stark J., Westermann D., Hopkins B., 2004. Nutrient Management Guidelines for Russet Burbank Potatoes. University of Idaho Extensión. Pages 12.

Undurraga P., Hirzel, J. 2011. Fertilización del cultivo de la papa. En Fertilización de Cultivos en Chile, Hirzel J (eds). Instituto de investigaciones Agropecuarias. 434p



5. Calidad de Papa Semilla

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



Uno de los aspectos de mayor importancia en un programa de producción de papa tiene relación con las características de la papa semilla utilizada. El cumplimiento de los objetivos productivos propuestos depende de la calidad de ésta. La calidad de papa semilla se define principalmente en base a tres criterios; identidad y pureza varietal, calidad fitosanitaria y edad fisiológica (Méndez, P., e Inostroza, J. 2009).



5.1 Identidad y pureza varietal



Este parámetro se divide en dos aspectos, por un lado, la identidad referida a una o varias características que identifican la variedad, como pueden ser: precocidad, color de piel, rendimiento, materia seca, resistencia o tolerancia a enfermedades, hábito de crecimiento, entre otras. Por otro lado, se tiene la pureza varietal, principal condición para que una variedad exprese sus características donde los tubérculos semilla deben ser de la misma variedad, lo cual se expresa como porcentaje pureza varietal. Un bajo porcentaje de este parámetro refleja un material mezclado con otras variedades. El problema de esto es que cada variedad tiene un requerimiento de manejo agronómico distinto, con calidades y producciones diferentes. Por lo tanto, al utilizar una semilla con baja pureza varietal se producirá un material heterogéneo afectando la producción final, en términos de volumen y calidad.

5.2 Calidad fitosanitaria

Los tubérculos papa semilla son tallos modificados con un alto porcentaje de agua entre un 63 y 87 % e hidratos de carbono entre un 13 y un 30% (Hooker W.J. 1980), fuente de alimentos necesarios para el desarrollo de una amplia gama de microorganismos que atacan al cultivo. Esto explica la alta cantidad de problemas fitosanitarios que pueden afectar a los tubérculos, tales como hongos, bacterias, virus, fitoplasmas, nemátodos e insectos. Por tanto, todo material semilla a utilizar debe estar idealmente libre de enfermedades y plagas para evitar la aparición de problemas durante el cultivo atribuible al no uso de material sano. En el cuadro 1 se presentan los principales problemas fitosanitarios asociados a los tubérculos semilla utilizados en la Región de La Araucanía.

Cuadro 1. Principales problemas fitosanitarios asociados a tubérculo semilla

| Enfermedad/ plaga | Sintomatología y daño ocasionado al cultivo | Imágenes |
|--|--|--|
| <p><i>Costra negra</i> (Hongo.) <i>Rhizoctonia solani</i>.</p> | <p>En tubérculos se presentan esclerocios, estructuras de resistencia del hongo</p> <p>A nivel de cultivo produce corte o estrangulación de brotes que inician la emergencia</p> <p>A nivel de estolones se producen lesiones que pueden provocar la muerte de éstos y generar malformación de tubérculos</p> <p>A nivel de raíces limitará la absorción de agua y nutrientes.</p> |  |
| <p><i>Pudrición seca</i> (Hongo). <i>Fusarium sp.</i></p> | <p>Con cultivo en crecimiento, la presencia de tubérculos papa semilla afectados por pudrición seca pueden dar lugar a pérdida de plantas o plantas débiles. Además, puede servir como puerta de entrada a otro tipo de enfermedades en el tubérculo.</p> |  |

| | | |
|--|--|--|
| <p><i>Sarna Plateada</i> (Hongo). <i>Helminthosporium solani</i></p> | <p>Tiene un efecto significativo en tubérculos semilla almacenados, dado que sufren deshidratación y pérdida de vigor cuando se presentan altos niveles de contaminación.</p> |  |
| <p><i>Pudrición Blanda</i> (Bacteria). <i>Pectobacterium sp</i></p> | <p>En los tubérculos la infección se produce a nivel de lenticelas, heridas o por el extremo del estolón, generando la pérdida total del tubérculo</p> <p>Los tallos de las plantas afectadas muestran una pudrición típica con apariencia de tinta negra.</p> |  |

5.3 Edad fisiológica

La edad fisiológica es un factor de calidad en los tubérculos papa semilla. A través de éste se puede definir el momento oportuno de plantación, el cual permitirá al generar una planta con mayor vigor y número de tallos verdaderos, permitiendo al cultivo expresar su potencial productivo.


La edad fisiológica óptima permite al tubérculo semilla la formación de varios brotes e incluso la ramificación de éstos. Si la semilla es demasiado joven desarrollará un solo brote y si es demasiado vieja formará brotes muy débiles.

Durante su desarrollo fisiológico, el tubérculo de papa pasa a través de los estados de reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud. Durante este desarrollo, llamado envejecimiento fisiológico, el tubérculo cambia de fisiológicamente joven a fisiológicamente viejo (Wiersema, S.G. 1985).

El momento ideal de plantación es el período de inicio de brotación múltiple, pues en este momento el tubérculo al ser plantado permitirá una rápida y homogénea brotación de las distintas yemas que posee, dando origen a tallos vigorosos que producirán a su vez plantas vigorosas. Cabe señalar que cada tallo forma raíces, estolones, y tubérculos, y se comporta como si fuese una planta individual (Wiersema, S.G. 1987), generando raíces, estolones, tubérculos, tallos y hojas.

Plantar tubérculos semilla en dormancia o latencia producirá una emergencia muy tardía, irregular y posiblemente con pérdida de semilla. Por otra parte, plantar tubérculos en etapa de dominancia apical generará principalmente plantas con un tallo, de buen desarrollo vegetativo, pero con pocos tubérculos por planta. En caso de plantar tubérculos fisiológicamente viejos se producirán plantas con un mayor número de tallos, pero con un menor desarrollo vegetativo y con una senescencia y madurez más temprana, traduciéndose en un menor rendimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Manejo del estado fisiológico de los tubérculos papa semilla

| Edad fisiológica |  | | | |
|------------------------|---|----------------------|--------------------|---|
| Estado fisiológico | Reposo | Dominancia apical | Brotación múltiple | Senectud o vejez |
| Brotamiento | Ausencia de brotes | Solo brotes apicales | Varios brotes | Ramificación brotes ahilados, papas diminutas |
| Condiciones de cultivo | Ausencia de emergencia o retardo de esta | Un tallo por planta | Muchos tallos | Plantas débiles |

Adaptado de Wiersema, S.G. 1985.

Literatura Consultada

Beukema, H., Van Der Zaag D. 1979. Potato Improvement, Some Factors and Facts. International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands. 222 p.

Inostroza, J., Méndez, P. 2009. Manual de papas para La Araucanía: Manejo y plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 193, 114 p.

Méndez, P., Inostroza, J. 2009. Manual de Papas para La Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 194, 116 p.

Stevenson, W., Loria R., Franc G., Weingartner D. 2001. Compendium of Potato Diseases, Second Edition. 106 p.

W. J. Hooker 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa 166 p.

Wiersema, S.G. 1985. Desarrollo fisiológico de tubérculos semillas de papa. Boletín de Información Técnica 20. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 16 p.

Wiersema, S.G. 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Boletín de Información Técnica. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 15 p.



6. Desinfección de Tubérculo Papa Semilla

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



6.1 Generalidades

La desinfección de papa semilla es una práctica habitual entre los productores de papa del sur de Chile, cuyo objetivo es reducir o controlar enfermedades de piel que afectan al tubérculo una vez plantado. Consiste básicamente en tratar los tubérculos semilla con un producto químico aplicado sobre la superficie de éste. Alternativamente, el producto se puede aplicar en cobertera o sobre el surco de plantación.

La desinfección de papa semilla busca proteger heridas producidas por la manipulación de ésta y evitar además el ataque de enfermedades durante los primeros estados de desarrollo después de la plantación (Acuña, I. y Cádiz, F. 2011). Dicha práctica se realiza con fungicidas específicos para papa.

La desinfección de semilla y/o suelo ha demostrado proteger las plantas principalmente de Costra negra o cáncer de tallos (*Rhizoctonia solani*); Pudrición seca (*Fusarium spp.*) y Sarna Plateada (*Helminthosporium solani*), (Acuña, I., Cádiz, F. 2011). Además, al prevenir el ataque de *Fusarium* se evita la entrada al tubérculo de Pie negro o pudrición blanda (*Pectobacterium sp.*). **Se debe tener presente que una desinfección de semilla no reemplaza el uso de tubérculo semilla de buena calidad.**

La elección de un fungicida o desinfectante de papa semilla previo a la plantación dependerá de:

- **Calidad del tubérculo semilla:** al utilizar un tubérculo de menor calidad fitosanitaria, cobra mayor importancia realizar desinfección de semilla
- **Inóculo disponible en el suelo:** la cantidad de inóculo presente en el suelo será incidente en la eficiencia de control, ya que el desinfectante tendrá un efecto más marcado en suelos con una mayor presencia de inóculo
- **Fecha de plantación:** existen algunas enfermedades que se desarrollan con mayor frecuencia según sea la fecha de plantación. Un ejemplo de ello es cáncer de tallos (*Rhizoctonia solani*), generada en condición de alta humedad y baja temperatura de suelo, lo cual ocurre en siembras tempranas en la Región de La Araucanía. Por lo tanto, dicha práctica es fundamental para un óptimo desarrollo del cultivo
- **Equipo disponible para aplicación:** aspecto de gran importancia, ya que existen productos que solo pueden ser aplicados con equipos especiales. Por ejemplo, productos comerciales como fludioxonil o flutolanil, deben ser aplicados con un equipo de ultra bajo volumen, ya que de otra forma pueden perder su eficiencia de control.

- **Costo del tratamiento:** el mayor costo implícito en el tratamiento radica en el tipo de producto a utilizar, existiendo varias alternativas de precios. El costo de la aplicación dependerá si el producto es aplicado a la papa semilla al surco o en cobertera. Los productos aplicados a la semilla son más riesgosos, dado que si se ejecuta una aplicación con una dosificación errónea, ya sea por un exceso de agua o sobredosis de producto, puede generar pudrición o toxicidad generando pérdidas en el establecimiento. La ventaja que tiene la aplicación en cobertera o al surco es que al no entrar en contacto directo con los tubérculos se evitan los inconvenientes que presenta una aplicación directa a la semilla.

6.2 Tratamiento químico al tubérculo semilla o al surco de plantación

Una de las principales enfermedades controladas a través de esta práctica es rizoctoniasis o cáncer de tallos (*Rhizoctonia solani*). Los tratamientos con fungicidas han probado ser exitosos en la reducción de lesiones en tallos y estolones, así como costra negra en tubérculos (Atkinson, D., *et al* 2010). Infecciones en los brotes emergentes retardan la emergencia, reducen el número de plantas, merman la producción y disminuyen la calidad general del cultivo (Rich, 1983).

Los tratamientos de aplicación pueden ser hechos a la papa semilla (Foto 1), al surco de plantación (Foto 2) o previo a la plantación en cobertera antes del último rastraje.



Foto 1. Papa semilla desinfectada



Foto 2. Desinfección al surco de plantación

En general, todos los fungicidas utilizados para este fin tienen un efecto favorable en el control de costra negra (*R.solani*). No obstante, existen factores que determinarán una mayor o menor eficiencia de éstos, como contaminación o inóculo de suelo, contaminación de la papa semilla y condiciones ambientales favorables.

6.3 Evaluaciones de tratamiento químico realizado en la Región de La Araucanía

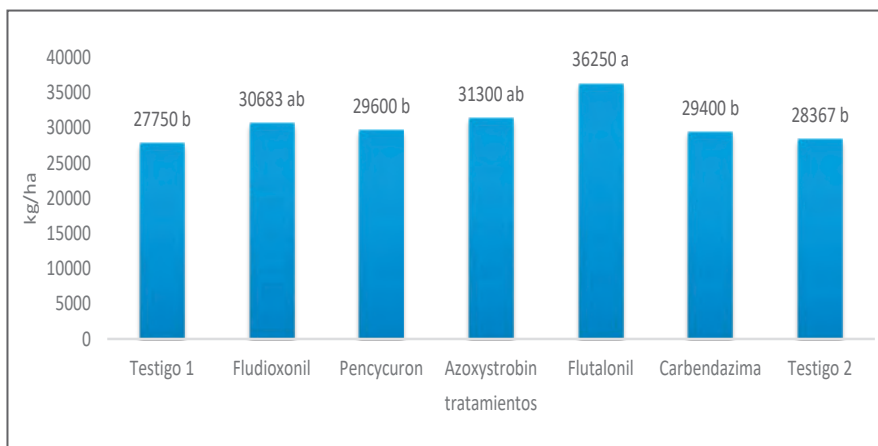
Entre los años 2011 y 2015 INIA Carillanca realizó evaluaciones de productos comerciales utilizados en desinfección de papa semilla, midiendo rendimiento y contaminación de tubérculos.

6.3.1 Evaluación temporada 2011-2012

Durante la temporada 2011-2012 se realizó una evaluación en la localidad de Tranapunte, en el Centro Regional de la Papa, comuna de Carahue. Los suelos intervenidos fueron trumaos, bajo condición de secano utilizando la variedad Karú INIA. La evaluación consideró 5 productos comerciales, midiendo específicamente rendimiento y presencia de costra negra en tubérculos.

6.3.1.1 Rendimiento

En relación al rendimiento, de acuerdo a los datos presentados en el gráfico 1, la única diferencia estadísticamente significativa se produce entre flutalonil y los testigos 1 y 2, y con relación a los otros tratamientos no existe diferencia estadísticamente significativa.



Según Tukey, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Gráfico 1. Evaluación de distintos productos comerciales para desinfección de papa semilla, en var. Karú INIA, localidad Tranapunte, comuna de Carahue temporada 2011-2012

6.3.1.2 Costra negra (*R.solani*) en tubérculos cosechados

En relación al porcentaje de costra negra en tubérculos cosechados, presentado en el cuadro 1, se observa que los tratamientos testigos sin aplicación fueron los que mostraron un menor porcentaje de tubérculos sanos o libres de costra negra, para los grados 1+2+3, presentando diferencias estadísticamente significativas al compararlos con Azoxystrobin y Pencycuron, los cuales evidenciaron tubérculos más sanos o libres de costra negra.

Cuadro 1. Porcentaje de Costra negra observado en tubérculos cosechados de acuerdo a distintos desinfectantes de papa semilla

| Tratamientos | % de tubérculos con índice de daño (ID) | | |
|---------------|---|---|---|
| | 1 (tubérculos con hasta un 0 % costra negra) | 1+2 (tubérculos con hasta un 1% de costra negra) | 1+2+3 (tubérculos con hasta un 10 % de costra negra) |
| Producto i.a. | | | |
| Azoxystrobin | 53,13 a | 96,25 a | 100 a |
| Pencycuron | 43,13 ab | 83,75 a | 95,63 ab |
| Flutolanil | 30,75 abc | 75,00 ab | 93,75 abc |
| Carbendazima | 18,13 bcd | 53,75 bc | 79,38 bcd |
| Fludioxonil | 13,75 cd | 53,75 bc | 81,88 bcd |
| Testigo 1 | 13,13 d | 54,38 bc | 76,88 cd |
| Testigo 2 | 5,00 d | 46,25 c | 73,13 d |

Según Tukey, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Foto 3. Índice de daño (ID) de costra negra (*R.solani*) en tubérculos semilla



Equivalencia, 1 = 0 % costra negra; 2= 1 % costra negra; 3 = 10% de costra negra 4 = 25% de costra negra; 5 = 50% de costra negra; 6 = 75 % de costra negra.

Fuente: Ivette Acuña 2007, INIA Remehue

6.3.2 Evaluación temporada 2012-2013

Durante la temporada 2012 -2013 se realizó una evaluación bajo condición de riego en la localidad de Llolinco, comuna de Teodoro Schmidt, con la variedad Karú INIA. Las parcelas de cada tratamiento fueron inoculadas con costra negra (*R.solani*), salvo la parcela testigo. Las evaluaciones realizadas incluyeron rendimiento y costra negra en tubérculos. En la foto 4 se muestra el efecto comparativo en relación al vigor de plantas emergidas por cada tratamiento (2 hileras centrales de cada parcela), destacando con un mejor vigor Azoxistrobin, Pencycuron y el testigo sin inóculo, quedando de manifiesto el efecto de la inoculación al comparar el testigo con inóculo y además el efecto de los fungicidas frente a la enfermedad.

Foto 4. Vigor de plantas emergidas con tratamientos fungicidas (dos hileras centrales inoculadas) y testigo sin inóculo



Fludioxonil



Pencycuron



Axozistrobin



Fludioxonil



Testigo con Inóculo



Testigo sin Inóculo

6.3.2.1 Rendimiento

De acuerdo al gráfico 2, azoxistrobin presenta una mayor producción estadísticamente significativa al compararlo con el testigo inoculado y fludioxonil. La comparación con los otros tratamientos no arroja diferencias estadísticamente significativas.

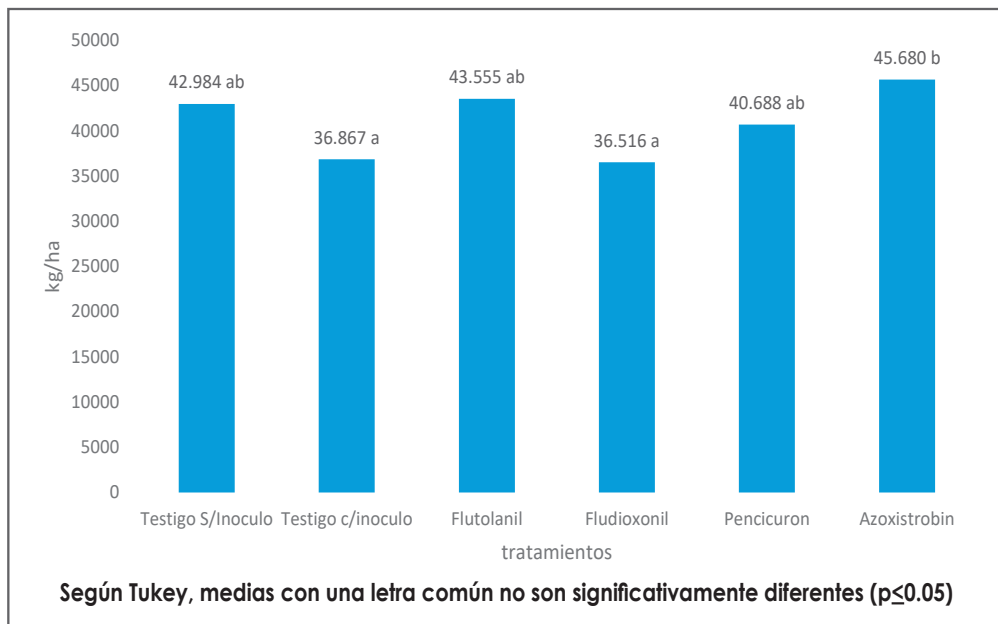


Gráfico 2. Evaluación de distintos productos comerciales para desinfección de papa semilla, en var. Karú INIA, localidad Llolinco, comuna de Teodoro Schmidt

6.3.2.2 Costra negra (*R.solani*) en tubérculos cosechados

En relación a los porcentajes de costra negra obtenidos en la cosecha, de acuerdo al cuadro 2, se puede observar que para este caso no se evidenció un efecto positivo en el uso de los tratamientos, dado que no existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos y testigos.

Cuadro 2. Porcentaje de Costra Negra observado en tubérculos, cosechados de acuerdo a distintos desinfectantes de papa semilla

| Tratamiento/ Producto i.a. | % de tubérculos con índice de daño (ID) | | |
|----------------------------|---|---|---|
| | 1 (tubérculos con hasta un 0 % Costra Negra) | 1+2 (tubérculos con hasta un 1% de Costra Negra) | 1+2+3 (tubérculos con hasta un 10 % de Costra Negra) |
| Testigo S/inóculo | 7,5 a | 39 a | 70 bc |
| Testigo c/inóculo | 6 a | 47.5 a | 76.5 c |
| Flutolanil | 0 a | 19.5 a | 40 ab |
| Fludioxonil | 1 a | 12.5 a | 36 abc |
| Pencycuron | 3,5 a | 30 a | 59.5 abc |
| Azoxistrobin | 11 a | 38 a | 59 abc |

Según Tukey, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Equivalencia, 1 = 0 % costra negra; 2= 1 % costra negra; 3 = 10% de costra negra 4 = 25% de costra negra; 5 = 50% de costra negra; 6 = 75 % de costra negra.

6.3.3 Evaluación 2014-2015

En este caso se presenta una evaluación realizada durante la temporada 2014-2015 para una plantación bajo condición de secano, en el CRP Tranapunte, comuna de Carahue, con la variedad Puyehue INIA. Las evaluaciones realizadas consideraron rendimiento y presencia de costra negra en tubérculos.

6.3.3.1 Rendimiento

De acuerdo al gráfico 3, no se evidencian diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Esta situación se puede deber en parte a la temporada agrícola y la fecha de siembra, aspectos que redujeron la incidencia de la enfermedad.

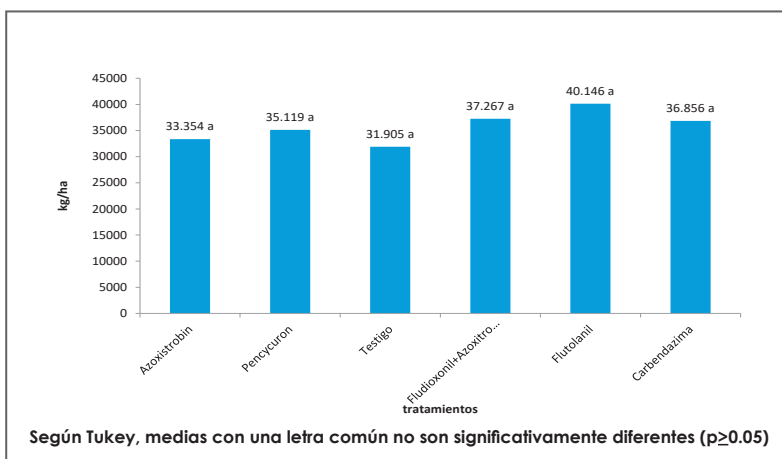


Gráfico 3. Evaluación de distintos productos comerciales para desinfección de papa semilla, en var. Puyehue INIA, localidad Tranapuente, comuna de Carahue temporada 2014-2015

6.3.3.2 Costra Negra (*R.solani*) en tubérculos cosechados

En lo que se refiere a Costra Negra en tubérculos (Cuadro 3), se observan diferencias estadísticamente significativas para algunos tratamientos versus el testigo en el índice de daño 1, evidenciando un efecto favorable de los tratamientos. En los siguientes rangos no se aprecian diferencias estadísticamente significativas.

Cuadro 3. Porcentaje de Costra Negra observado en tubérculos cosechados de acuerdo a distintos desinfectantes de papa semilla

| Tratamiento Producto (Ingrediente activo) | % de tubérculos con índice de daño (ID) | | |
|---|---|---|---|
| | 1 (tubérculos con hasta un 0 % Costra Negra) | 1+2 (tubérculos con hasta un 1% de Costra Negra) | 1+2+3 (tubérculos con hasta un 10 % de Costra Negra) |
| Azoxistrobin | 96.5 bc | 99.43 a | 100 a |
| Pencycuron | 82.5 ab | 96.73 a | 99.7 a |
| Testigo | 77.6 a | 94.85 a | 99.9 a |
| Fludioxonil+Azoxitrobin | 97.3 c | 100 a | 100 a |
| Flutolanil | 77.8 a | 94.03 a | 99.2 a |
| Carbendazima | 95.6 bc | 98.5 a | 99.8 a |

Según Tukey, medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$)

Equivalencia, 1 = 0 % costra negra; 2= 1 % costra negra; 3 = 10% de costra negra 4 = 25% de costra negra; 5 = 50% de costra negra; 6 = 75 % de costra negra.

Con el Grupo de Transferencia Tecnológica (GTT) Papas de Teodoro Schmidt, se estableció una parcela demostrativa en dicha comuna durante la temporada 2013-2014 para evaluar la eficacia de la desinfección química de semilla. Las evaluaciones fueron el rendimiento (Gráfico 4) y presencia de costra negra en tubérculos cosechados (Cuadro 4). En ellas se observa el efecto del rendimiento en relación al uso de desinfección versus el rendimiento testigo y además una mayor producción de tubérculos libres de costra negra.

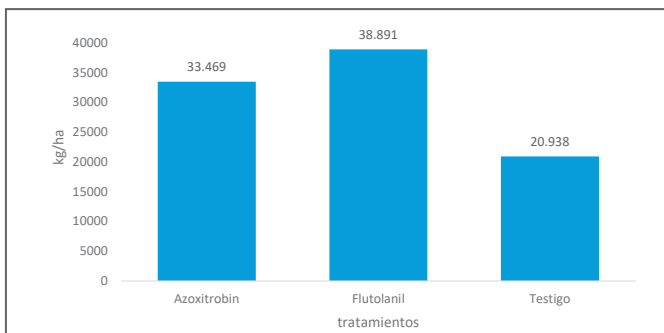


Gráfico 4. Evaluación de dos productos comerciales para desinfección de papa semilla, en var. Karu INIA, localidad Quilmer, comuna de Teodoro Schmidt temporada 2013-2014

Cuadro 4. Porcentaje de Costra Negra observado en tubérculos cosechados de acuerdo a distintos desinfectantes de papa semilla

| Tratamientos | % de tubérculos con índice de daño (ID) | |
|--------------|--|--|
| | 1+2+3 (tubérculos con hasta un 10 % de Costra Negra) | 4+5+6 (tubérculos con hasta un 75 % de Costra Negra) |
| Azoxitrobin | 35,4 | 64,6 |
| Flutolanil | 26,9 | 73,1 |
| Testigo | 20,5 | 79,5 |

Equivalencia, 1 = 0 % costra negra; 2= 1 % costra negra; 3 = 10% de costra negra 4 = 25% de costra negra; 5 = 50% de costra negra; 6 = 75 % de costra negra.

6.4 Conclusiones y Comentarios

Las evaluaciones de campo presentadas muestran una realidad distinta entre temporadas y sectores de la Región de La Araucanía. El objetivo de esta publicación es demostrar la importancia de la desinfección de papa semilla en relación al control de Costra Negra y rendimiento del cultivo.

La desinfección de tubérculo papa semilla es una herramienta tecnológica que permite reducir el ataque de cáncer de tallos o Costra Negra (*R.solani*), generando un beneficio económico para el productor, por una mayor producción y una mejor calidad de los tubérculos producidos.

El productor deberá evaluar la desinfección de papa semilla de acuerdo a sus expectativas de ingresos y la capacidad de financiar esta práctica. Lo más apropiado es evaluar los beneficios incrementales en relación al costo de aplicación, vale decir, cuánto se gana en relación a cada peso gastado por dicha práctica. Por otro lado, es importante considerar la formulación del producto químico, si es en polvo o húmedo, los cuales deben ser aplicadas con los equipos apropiados, siendo muy importante que se realice como lo establece el fabricante, ya que de lo contrario pierden eficiencia.

En Chile existe una amplia gama de productos recomendados para desinfección de papa semilla, los cuales se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 5. Productos registrados en Chile para desinfección de papa semilla o para ser utilizados al surco de plantación

| Nombre comercial | Ingrediente Activo | Dosis | Empresa Proveedora |
|------------------|---------------------------------|--|--------------------|
| Anagran plus | Carbendazima + Mancozeb | Tratamiento a la semilla: 1 kg por 1000 kg de papa semilla | Anasac |
| Priori | Axozistrobin | Tratamiento al surco de plantación: 3 L por ha, aplicación al surco de plantación. | Syngenta |
| Celest | Fludioxonil | Tratamiento a la semilla: 1 L por 1000 kg de papa semilla | Syngenta |
| Moncut | Flutolanilo | Tratamiento a la semilla: 250 – 350 cc por 1000 de papa semilla | ASP |
| Monceren 250 FS | Pencycuron | Tratamiento a la semilla: 1 L por tonelada de semilla. Tratamiento al surco de plantación: 3 a 5 L por ha | Bayer |
| Acronis | Metiltiofanato + Pyraclostrobin | Tratamiento al surco de plantación: 2 – 4 L por ha. | BASF |
| Impulso | Azoxistrobin | Tratamiento al surco de plantación: 3 L por ha | Anasac |
| Relect xtra | Isopirazam + azoxistrobina | Tratamiento al surco de plantación: 3 L por ha | Syngenta |
| Vibrance | Sedaxano | Tratamiento a la semilla: 80 cc por tonelada de tubérculos semilla | Syngenta |

Fuente: Lista de plaguicidas con autorización vigente SAG, 2017.

Literatura consultada

Acuña, I. 2007. Presentación Power Point “Tratamiento de semilla y/o surco de plantación sobre la incidencia de Rizoctonias (*Rhizoctonia solani*) en el cultivo de la papa”, Proyecto Fondo SAG 24 -10 – 100.

Acuña, I y Cádiz, F. 2011. Desinfección de tubérculos semilla de papa y sus consideraciones. Informativo N°84 INIA Remehue. 4 p.

Atkinson, D., 2010. Development of *Rhizoctonia solani* on Stems, Stolons and Tubers of Potato II. Efficacy of Chemical Applications. Am. J. Pot Res (2011) 88:96–103 DOI 10.1007/s12230-010-9172-1.

Méndez, P., Inostroza, J. 2009. Manual de Papas para La Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenaje. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 194, 116 p.

Rich, A.E. 1983. *Potato diseases*. Academic Press. Pp. 63–69.

Servicio Agrícola y Ganadero SAG, 2017. Lista de plaguicidas con autorización vigente, serie 2000.

W. J. Hooker 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa 166 p.



7. Principales Enfermedades de la Piel en Tubérculos de Papa: Rizoctoniasis, Sarna Común, Sarna Plateada y Pudrición Seca

Rafael Galdames Gutiérrez
Ing. Agrónomo Dr.
INIA Carillanca



El cultivo de papa es reconocido en todo el mundo por las numerosas enfermedades infecciosas que lo afectan y por las importantes pérdidas productivas y de calidad que éstas pueden ocasionar. Se ha demostrado además el impacto que tiene la utilización de tubérculo semilla de calidad, es decir sana o libre de agentes infecciosos, pues de ello dependerá en gran medida la futura condición sanitaria del cultivo.

Durante la cosecha y/o almacenaje varias enfermedades causadas principalmente por hongos, pseudohongos, bacterias y virus, se pueden manifestar en los tubérculos causando síntomas externos e internos, así como una combinación de éstos. Cualquiera sea el origen del problema, las lesiones o daños manifestados en los tubérculos tendrán consecuencias negativas no solo en su valor como semilla, sino además desde el punto de vista comercial como papa consumo.

Particularmente, el complejo sarna (negra, plateada y común) y la pudrición seca representan las enfermedades infecciosas más recurrentes presentes en la producción de papa consumo en la Región de La Araucanía. Estas adquieren especial importancia porque afectan o se manifiestan asociadas a la piel del tubérculo y en consecuencia contribuyen a su mala apariencia, reduciendo su valor comercial. Lo anterior adquiere cada día mayor importancia para el consumidor final, ya que éste preferirá comprar siempre papas con piel limpia, ya sea empaquetadas o a granel.

A continuación, y para cada una de estas patologías, se describe junto a su agente causal, su sintomatología, factores predisponentes y opciones de control. Finalmente se entrega un listado de los productos fungicidas o bactericidas que poseen registro en Chile como tratamientos aplicados al surco y/o directamente en la superficie del tubérculo semilla. Se sugiere que el agricultor se informe de las características específicas de los productos, considerando los antecedentes entregados por el fabricante en la etiqueta.

7.1 Sarna Negra, Costra Negra o Rizoctoniasis

Enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani*. Este patógeno sobrevive y se disemina a través de esclerocios presentes en el suelo y en los tubérculos. Cuando existen condiciones favorables, el micelio del hongo presente en restos vegetales también puede cumplir similar rol. Puede afectar a muchos cultivos y malezas, pero ciertos genotipos o cepas del hongo (principalmente AG-3) tienen mayor afinidad con la papa y en consecuencia son más agresivo.

7.1.1 Sintomatología: los signos más característicos corresponden a la presencia de esclerocios (estructuras reproductivas del hongo) generalmente de color negro o café oscuro, los cuales se presentan en número, tamaño y forma variable en la superficie del tubérculo. La presencia de estas estructuras le da el nombre de sarna negra o costra negra a la enfermedad (Foto 1a y 1b).

En ataques severos, los tubérculos se pueden deformar y desarrollar cavidades y/o surcos (Foto 1c). El patógeno también puede causar lesiones (cancros o lesiones necróticas hundidas) en raíces, estolones y tallos (Foto 2d y 2e). Dependiendo de la severidad (extensión y profundidad) de las lesiones también puede llegar a causar una emergencia retardada y desuniforme. En ocasiones se puede observar el micelio del hongo colonizando los tallos sobre el nivel de suelo (foto 3f y 3g), situación que indica un daño severo en los tallos comprometidos. Otro síntoma asociado a esta enfermedad corresponde al desarrollo de pequeños tubérculos aéreos, particularmente cuando las lesiones afectan estolones y tallos bajo el nivel de suelo.

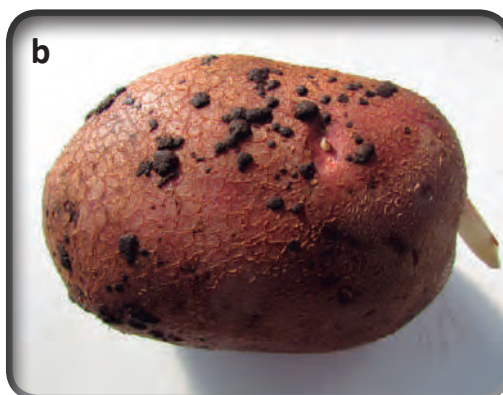


Foto 1. Presencia de esclerocios (estructuras reproductivas del hongo), generalmente de color negro o café oscuro, los cuales se presentan en número, tamaño y forma variable en la superficie del tubérculo que se pueden confundir con tierra adherida (a y b). En ataques severos los tubérculos se pueden deformar y desarrollar cavidades y/o surcos (c).



Foto 2. Vistas de lesiones (cancros o lesiones necróticas hundidas) en tallos, estolones y raíces (d y e)



Foto 3. Micelio blanco del hongo colonizando el tallo por sobre el nivel de suelo. Cuando esto ocurre, normalmente el nivel de daño es severo (f). Desarrollo de pequeños tubérculos aéreos, particularmente ocurre cuando las lesiones afectan estolones y tallos bajo el nivel de suelo (g)

7.1.2 Condiciones predisponentes: prácticamente se presenta en todas las zonas donde se cultiva papa en Chile. Sin embargo, condiciones ambientales frías y húmedas la hacen más frecuente. Semilla contaminada y rotaciones cortas de papa sobre papa incrementan el inóculo en el suelo y en consecuencia aumenta el riesgo de infección.

7.1.3 Control: como no existe una única medida completamente efectiva, es fundamental integrar diversas estrategias para un adecuado control.

- **Calidad de semilla:** usar semilla sana o libre de infección. El uso de tubérculo semilla con presencia de esclerocios constituye una fuente de infección primaria más relevante que el inóculo del suelo
- **Época y profundidad de siembra:** siembras muy tempranas o cuando las condiciones ambientales son más frías y húmedas retrasan la emergencia y por lo tanto la incidencia de la enfermedad aumenta. Por el contrario, condiciones que favorecen o promueven una rápida emergencia reducen el riesgo o minimizan la infección. Evitar siembras muy profundas, de tal manera que los brotes queden menos expuestos a la infección
- **Rotación de cultivos:** incorporar cultivos no susceptibles como cereales en la rotación y volver a establecer papas después de 3 a 4 años
- **Momento de cosecha:** al postergar la cosecha se favorece la aparición de esclerocios tanto en número como en tamaño en los tubérculos. Durante el almacenaje, los esclerocios se mantienen inactivos
- **Tratamientos químicos:** es recomendado tratar la semilla con fungicida (s) para reducir riesgo de incidencia de la enfermedad. Existen varias opciones de productos de acción antifúngica que al ser aplicadas al surco y/o sobre el tubérculo semilla reducen los daños de la enfermedad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Algunos fungicidas registrados y recomendados según fabricante o importador, para aplicaciones al tubérculo semilla y/o al surco en el control de sarnas y pudrición seca en papa

| Nombre Comercial | Fabricante o importador | Ingrediente activo | Modo de acción | Dosis recomendada - Forma aplicación | Enfermedad a controlar |
|------------------|-------------------------|--|----------------------|--|----------------------------------|
| Celest 025F | Syngenta | Fludioxonil 2,5% p/v (25g/L) | Contacto | 1 L/Ton Tubérculos - Pulverización de los tubérculos | Sarna negra |
| | | | | 0,5 L/Ton Tubérculos - Pulverización de los tubérculos | Pudrición Seca Sarna Plateada |
| Acronis FS | BASF | Tiofanato-metilo 5,0 % p/v (450 g/L) Piraclostrobina 5,0 % p/v (50 g/L) | Sistémico y Contacto | 1,0 - 1,5 L/ Ton Tubérculos- Pulverización de los tubérculos | Sarna Negra |
| | | | | 2,0 - 4,0 L/ha Surco de Plantación - Aspersión surco de plantación | |
| Tecto 500 SC | Syngenta | Triabendazol 50 p/v | Sistémico | 340 cc - 100 cc/Ton Tubérculos | Sarna Negra |
| Moncut 40 SC | Agrium | Flutolanil 41,74 % P/P | Sistémico | 250 cc - 350 cc/Ton Tubérculos | Sarna negra |
| Priori | Syngenta | Azoxistrobina 25 % p/v (250 g/L) | Contacto y Sistémico | 3 L/ha Surco de plantación- Aspersión surco | Sarna negra |
| | | | | 6 L/ha en toda la superficie e incorporar | |
| Monceren 250 FS | Bayer | Penicuron 250 g/L (25% p/v) | Contacto | 1,0 L/ton Tubérculos- Pulverización de los tubérculos | Sarna negra |
| | | | | 3 a 5 L/ha Surco de Plantación - Aspersión al surco de | |
| | | | | 3,0 L/ha Surco de plantación - Aspersión surco. | |
| Reflect® Xtra | Syngenta | Isopirazam 12,5 % p/v (125 g/L) Azoxistrobina 20 % p/v (200 g/L) | Contacto y Sistémico | 5,0 L/ha Toda la superficie - Aspersión e incorporación | Sarna Negra |
| | | | | 80 cc/ Ton Tubérculo - Pulverización de los tubérculos | |
| Vibrance FS | Syngenta | Sedaxano 50 % p/v (500 g/L) | Sistémico | | Sarna Negra |
| Anagran Plus | Anasac | Carbendazime 8% p/p Mancozeb 64% p/p | Sistémico y Contacto | 1 a 2 Kg/ Ton Tubérculos - Espolvoreo de los tubérculos | Sarna negra |
| | | | | 3,0 L/ha Surco de plantación - Aspersión surco | Sarna Plateada Pudrición seca |
| Impulso 25 SC | Anasac | AZOXISTROBINA 25% p/v (250 g/L) | Contacto y sistémico | 6 L/ha en toda la superficie e incorporar | Sarna negra |

7.2 Sarna común

El agente causal más frecuente corresponde a la bacteria filamentososa *Streptomyces scabiei* (= *S. scabies*), la cual tiene una amplia distribución mundial. Otra especie patógena corresponde a *S. acidiscabies*, denominada sarna ácida ya que puede crecer en condiciones de acidez de suelo tan bajas como pH 4.0, situación que ha llevado a llamarla para diferenciarla, como sarna ácida. Sin embargo, los síntomas en tubérculos causados por estas dos especies bacterianas no son distinguibles entre ellos. *Streptomyces* sobrevive en el suelo como esporas en tejido infectado y asociado a la materia orgánica y se disemina a través tubérculos infectados.

7.2.1 Sintomatología: los síntomas son muy variables y se presentan principalmente en los tubérculos. Lesiones más o menos circulares, rugosas y de aspecto corchoso son bastante frecuentes (Foto 4a). También se pueden desarrollar lesiones de aspecto reticulado o tipo *russet* (Foto 4b) y en ocasiones ambos síntomas pueden presentarse simultáneamente en un mismo tubérculo (Foto 4c). Las lesiones pueden ser superficiales (Foto 5a) o profundas (Foto 5b). Los síntomas se pueden iniciar tempranamente una vez que los tubérculos comienzan su desarrollo y se van extendiendo en la medida que éste crece. Variaciones en la sintomatología pueden determinarse por una combinación de factores como: susceptibilidad de la variedad, cepa del patógeno, momento de la infección y condiciones ambientales predisponentes.

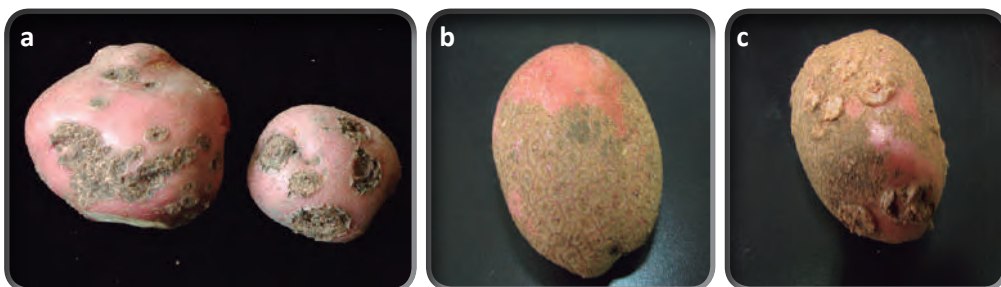


Foto 4. Variaciones en la sintomatología de la sarna común. a) Lesiones corchosas relativamente circulares y pequeñas, las que al juntarse llegan a cubrir una superficie importante del tubérculo, b) Patrón de reticulado o lesiones tipo russet, c) Mezcla de ambos síntomas

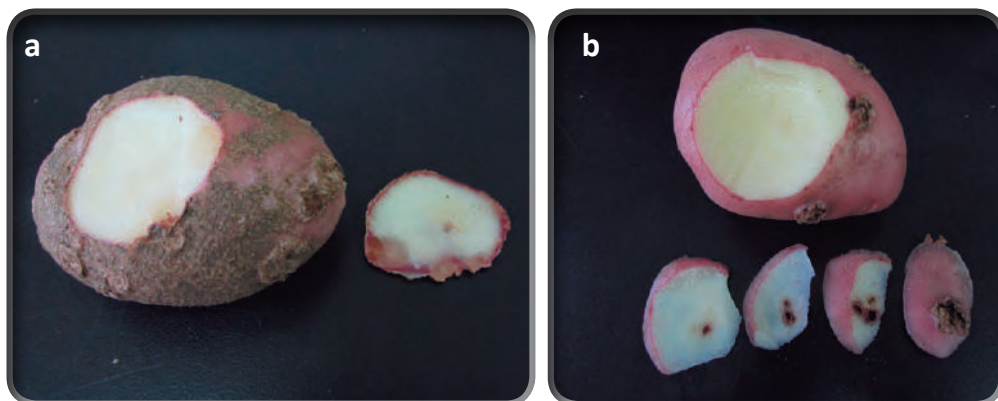


Foto 5a y 5b. Las lesiones en la piel pueden ser superficiales (a) ó profundas (b)

7.2.2 Condiciones predisponentes: la condición de humedad del suelo, principalmente durante el inicio de la tuberización, se considera un factor crítico para la enfermedad. Suelos secos durante este período incrementan la severidad de la enfermedad. Temperaturas de 20-22°C son consideradas óptimas para que la bacteria infecte el tubérculo en el suelo. Sin embargo, también puede hacerlo en un rango más amplio (10-31 °C).

7.2.3 Control: es recomendado integrar varias estrategias para lograr un adecuado nivel de control, que incluyen básicamente medidas culturales. Opciones químicas de control tienen un éxito limitado.

- **Manejo del riego:** mantener el suelo con un contenido de agua cercano a capacidad de campo durante 2 a 6 semanas de iniciada la tuberización
- **Manejo de la fertilización:** aplicar azufre o fertilizantes nitrogenados que acidifiquen el suelo (pH 5.0-5.2), especialmente para controlar *S. scabiei*
- **Rotación de cultivos:** idealmente volver a establecer papa después de 3 a 4 años
- **Calidad de semilla:** usar semilla libre de infección visible o asintomática en la medida de lo posible.

7.3 Sarna plateada

Enfermedad causada por el hongo *Helminthosporium solani*, la cual tiene una alta distribución mundial. La principal vía de diseminación es a través de tubérculos contaminados. En el suelo el hongo tiene una sobrevivencia limitada. Las esporas producidas por el hongo dispersan la enfermedad principalmente durante el

almacenamiento, facilitado por el viento (ventilación) o por contacto directo de tubérculos sanos con tubérculos enfermos.

7.3.1 Sintomatología: compromete solo la superficie o piel de los tubérculos, donde se observan inicialmente pequeñas manchas café brillantes, las que pueden llegar a cubrir gran parte de la superficie (Foto 6). El aspecto brillante de las manchas se hace más evidente o visible cuando el tubérculo está húmedo. En variedades de piel roja los síntomas tienden a ser más fáciles de detectar. Si hay adecuadas condiciones de humedad, el patógeno puede esporular en la superficie de la lesión. Los tubérculos afectados son más susceptibles a la deshidratación ocasionando que el tejido se hunda y arrugue.



Foto 6. Manchas café características producidas por sarna, las que se hacen más evidentes cuando el tubérculo se humedece

7.3.2 Condiciones predisponentes: la enfermedad se ve favorecida con una humedad relativa superior a 90% y temperaturas superiores a 4 °C. Al postergar la cosecha se incrementa el riesgo de infección en el suelo.

7.3.3 Control: es necesario integrar medidas que incluyan prácticas de manejo del cultivo en el campo y durante el almacenaje, y aplicación de tratamientos fungicidas al surco de siembra y tubérculo semilla.

- **Calidad de semilla:** usar semilla libre de infección en la medida de lo posible
- **Momento de cosecha:** una vez maduros los tubérculos, evitar postergar la cosecha para reducir el riesgo de infección en el suelo

- **Almacenaje:** usar bodegas limpias pues el hongo puede sobrevivir en residuos o en el polvo acumulado de almacenajes anteriores. Evitar condiciones de alta humedad relativa mediante una adecuada ventilación para limitar la esporulación del hongo y la contaminación de tubérculos sanos
- **Tratamientos químicos:** existen opciones fungicidas que aplicadas al surco y/o tubérculo semilla reducen los daños (Cuadro 1). Sin embargo, no deben ser consideradas como alternativa a la opción de usar semilla sana.

7.4 Pudrición seca

Causada por hongos del género *Fusarium*. Es considerada la principal enfermedad de poscosecha en muchas zonas productoras de papa del mundo. Para que este hongo infecte el tubérculo, la piel o la superficie del tubérculo debe tener heridas. La principal fuente de inóculo es el tubérculo infectado, aunque el suelo contaminado con *Fusarium* también representa una fuente de infección.

7.4.1 Sintomatología: pudrición seca del tubérculo durante el almacenaje y en campo es el síntoma más común. Inicialmente se observan depresiones oscuras en la superficie. Como resultado de la deshidratación del tubérculo la piel se recoge llegando a formar los anillos característicos (Foto 7a). Sobre la lesión se desarrolla micelio y otras estructuras reproductivas del hongo (Foto 7b). El patógeno invade tejido interno y causa pudriciones y cavidades donde también se desarrolla micelio y abundante esporulación (Foto 8). Estas lesiones pueden ser invadidas por agentes bacterianos, causando pudriciones blandas o acuosas, especialmente cuando los tubérculos están húmedos o se encuentran almacenados en ambientes de alta humedad relativa (Foto 9a y 9b). Síntomas secundarios en la parte aérea (hojas y tallos) pueden también producirse cuando el tubérculo semilla es afectado por la enfermedad, caracterizado por marchitez y eventual muerte de la planta.

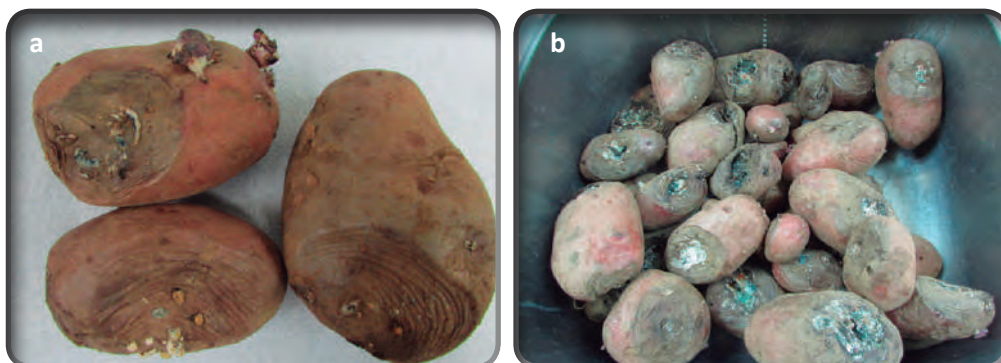


Foto 7. a) Pudrición seca caracterizada porque el tejido se hunde y arruga formando anillos en la medida que el tejido lesionado se va secando; b) Sobre la superficie de la lesión se forman estructuras reproductivas del hongo muchas veces coloreadas



Foto 8. Corte de un tubérculo afectado, donde se aprecia el avance de la infección y la formación de cavidades dentro del tubérculo

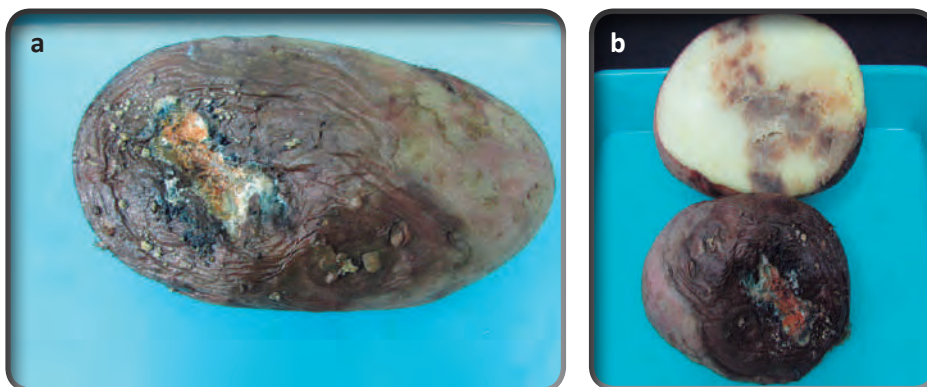


Foto 9. a y b) Lesiones de consistencia acuosa derivado de la invasión por agentes bacterianos que pueden llegar a comprometer gran parte del tubérculo

7.4.2 Condiciones predisponentes: las heridas producidas durante la cosecha, almacenaje, selección y/o transporte influirán directamente en el nivel de pudrición de los tubérculos. Durante el almacenaje, la pudrición seca se desarrolla más rápidamente en condiciones de alta humedad relativa, temperaturas de 15-22 °C y mala ventilación.

7.4.3 Control: varias medidas son requeridas para reducir la incidencia de la pudrición seca.

- **Calidad de semilla:** usar semilla libre de infección y/o evitar emplear semilla con heridas o golpes.
- **Rotación de cultivos:** el hongo produce esporas de resistencia que permanecen en el suelo y que potencialmente pueden volver a infestar al cultivo, por lo que la rotación de cultivo cumple un rol fundamental para reducir el riesgo de incidencia de la enfermedad

- **Almacenaje:** usar bodegas limpias, con temperaturas cercanas a 4 °C y buena ventilación
- **Tratamientos químicos:** existen opciones fungicidas que aplicadas al surco y/o tubérculo semilla reducen los daños (Cuadro 1). Sin embargo, no deben ser consideradas como alternativa a la opción de usar semilla sana.

Literatura Consultada

Acuña, I.; Andrade, N. 2002. La sarna común de la papa. Informativo N°37, 2p. INIA-Remehue, Osorno, Chile.

Acuña, I.; Cádiz, F. 2011. Principales enfermedades de la papa en el almacenamiento y su manejo. Informativo N°83. 4p. INIA-Remehue, Osorno, Chile.

Acuña, I. y Cádiz. 2012. Manejo integrado de Rizoctoniasis y tratamiento de semilla en el cultivo de papa. Informativo N°46 (Actualizado), 4p. INIA Remehue, Osorno. Chile.

Acuña, I. y Cádiz F. 2012. La Sarna común de la papa. Informativo N°37. 4p. INIA Remehue, Osorno, Chile.

Eharton P., Kirk W. and Snapp S. 2007. Michigan Potato diseases: Rhizoctonia stem canker and black scurf of potato. Extension Bulletin E-2994.

Hofmann, M. 2009. La Sarna Plateada (*Helminthosporium solani* (DUR. & MONT.)), Una enfermedad de creciente importancia en papa. Agronomía Mesoamericana, vol. 20, núm. 2, pp. 417-431.

Hooker, W.J. (ed.) 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 166 p.

Torres, H. 2002. Manual de las enfermedades más importantes de la papa en Perú. Centro internacional de la Papa (CIP). Roña. (Online).

<http://www.cipotato.org/training/Materials/HTorres/HTorresRONA.pdf> (22 oct. 2014).

www.sag.cl. Lista de plaguicidas con autorización vigente. Fecha de actualización: 15 de Mayo de 2017.

8. Control de Malezas en el Cultivo de Papa

Nelson Espinoza Neira(*)

Ing. Agrónomo M.Sc

Guillermo Contreras J.

Tec. universitario en Prod. Agropecuaria

INIA Carillanca



Las malezas representan uno de los mayores problemas en la producción de papa en la zona sur de Chile, ya que pueden disminuir considerablemente la cantidad y calidad de los tubérculos debido a la competencia por los factores esenciales para el crecimiento. En diversos ensayos realizados por el grupo de malherbología de INIA Carillanca se ha encontrado que las pérdidas en el rendimiento por dicha causa fluctúan entre 45 y 75 %. La competencia de las malezas es extremadamente crítica en los primeros estados de crecimiento del cultivo, por dicha razón debería enfatizarse su control durante los primeros 2 a 3 meses después de la plantación.

En la zona sur el cultivo de papa puede ser afectado por numerosas malezas. Sin embargo las más comunes corresponden a especies de hoja ancha anuales, la mayoría de verano, tales como: duraznillo (*Polygonum persicaria*), quingüilla (*Chenopodium álbum*), moco de pavo (*Amaranthus hybridus*), porotillo (*Fallopia convolvulus*), sanguinaria (*Polygonum aviculare*), tomatillo (*Solanum nigrum*) y rábano (*Raphanus sativus*). Con el objetivo de disminuir su presencia en el cultivo, los productores deberían diseñar programas de control que integren en lo posible los métodos mecánico, químico y cultural. La preparación del suelo (Mecánica y/o química) es un método eficaz para controlar malezas previo a la plantación. Posteriormente, el uso de cultivadores en las entre-hileras del cultivo, puede destruir muchas malezas que pudieron emerger o sobrevivir a los herbicidas suelo-activos aplicados después de plantar.

En los últimos años se han introducido al país nuevos herbicidas del tipo suelo-activos lo que ha permitido diseñar diversas estrategias de control de malezas, incluyendo para especies de difícil control.

(1) INIA Carillanca

(*) Profesional Ing. Agrónomo, Investigador de INIA Carillanca hasta diciembre 2016

En este artículo son mencionados los nombres comerciales de los herbicidas para mayor claridad del lector. La inclusión de nombres comerciales no implica la recomendación de tal producto o marca en particular, y la exclusión de otros no implica su desaprobación.



Foto 1. Duraznillo



Foto 2. Quinguilla



Foto 3. Moco de pavo



Foto 4. Porotillo



Foto 5. Sanguinaria



Foto 6. Tomatillo

8.1 Herbicidas suelo-activos recomendados para el control de malezas en papa

Se entiende por herbicidas suelo-activos, llamados también pre-emergentes o residuales, aquellos que se aplican normalmente al suelo y que controlan malezas principalmente durante la germinación de las semillas, por varias semanas o meses. Los herbicidas suelo-activos registrados en papa en el país se indican en el cuadro 1. Se observa que todos pueden aplicarse en pre-emergencia del cultivo y las malezas, pero solamente dos, específicamente: metribuzina y rimsulfuron, pueden aplicarse en pre y pos-emergencia.

Cuadro 1. Herbicidas suelo-activos registrados en papa en el país

| Herbicida (nombre comercial) | Época de aplicación respecto al desarrollo del cultivo y las malezas | | | |
|--|--|--------|----------------|--------|
| | Pre-emergencia | | Pos-emergencia | |
| | Cultivo | Maleza | Cultivo | Maleza |
| Metribuzina (Sencor 480 SC; Bectra 48 SC) | Sí | Sí | Si | Si |
| Rimsulfuron (Matrix) | Sí | Sí | Si | Si |
| Pendimetalin (Herbadox 330 EC; Spectro 33 EC, Pendimetalin 33% EC) | Sí | Si | No | No |
| Metolaclo (Dual Gold) | Sí | Si | No | No |
| Linuron (Afalón 50 WP; Linurex 50 SC) | Sí | Si | No | Si |
| Flumioxazin (Pledge 50 WP) | Si | Si | No | Si |
| Clomazone (Command 4 EC) | Si | Si | No | No |

8.1.1 Metribuzina (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1-1.5 L/ha). Recomendado para controlar malezas de hoja ancha y gramíneas en pre y pos-emergencia del cultivo y las malezas. Aplicado en pos-emergencia es más eficaz que en pre-emergencia. Controla muy bien especies de hoja ancha, incluyendo rábano, sin embargo controla solo moderadamente a sanguinaria y porotillo, y deficientemente tomatillo. En pos-emergencia, la clave del éxito es aplicarlo cuando el cultivo y las malezas tienen poco desarrollo (Fotos 7 y 8).

8.1.2 Rimsulfuron (Matrix, 100 g/ha). Puede aplicarse en pre y postemergencia del cultivo y las malezas para controlar hoja ancha y gramíneas. Sin embargo, aplicado en pos-emergencia es más eficaz que en pre-emergencia. En pos-emergencia es más eficaz que metribuzina para el control de tomatillo, rábano y ballica. La quingüilla es más sensible a rimsulfuron cuando se aplica en pre-emergencia. En pos-emergencia, la clave del éxito es aplicarlo cuando el cultivo y las malezas tienen poco desarrollo (Fotos 7 y 8).

8.1.3 Metribuzina (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1.0 L/ha) + **Rimsulfuron** (Matrix, 100 g/ha). Se trata de una mezcla de estanque que puede aplicarse en pre y postemergencia del cultivo y las malezas, para controlar hoja ancha y gramíneas, pero con una eficacia que es significativamente superior a la que puede lograrse cuando se aplica solo uno de ellos. Esta mezcla aplicada en pos-emergencia es más eficaz que en pre-emergencia, siendo posible lograr un excelente control de numerosas malezas, incluyendo tomatillo, quingüilla, rábano, porotillo, sanguinaria y duraznillo. En pos-emergencia, la clave del éxito está en aplicarla cuando el cultivo y las malezas tienen poco desarrollo (Fotos 7 y 8).



Foto 7. Plantas de papa emergiendo y con 5 cm de altura promedio, malezas pequeñas, situación ideal para aplicar los herbicidas suelo-activos en pos-emergencia, ya que se obtiene un buen mojamiento de las malezas y una buena distribución del herbicida en el suelo



Foto 8. Plantas de papa con 15 a 20 cm de altura cubriendo más de 50% del suelo de la entre-hilera, malezas muy desarrolladas. Es demasiado tarde para aplicar los herbicidas suelo-activos en pos-emergencia

8.1.4 Flumioxazin (Pledge 50 WP, 100-150 g/ha). Se recomienda aplicarlo solamente en pre-emergencia del cultivo. Controla malezas de hoja ancha y gramíneas, antes y después de emergidas- Sin embargo, es más eficaz aplicado en pre-emergencia de las malezas. Se destaca por controlar eficazmente tomatillo, quingüilla, moco de pavo y rábano. Solamente ejerce un moderado control de porotillo, sanguinaria y duraznillo.

8.1.5 Metolaclo (Dual Gold, 0.75 L/ha). Se recomienda aplicarlo en pre-emergencia del cultivo y las malezas. Es muy eficaz en controlar malezas gramíneas y es débil en hoja ancha.

8.1.6 Pendimetalin (Herbadox 330 EC; Spectro 33 EC, Pendimetalin 33% EC, 4 L/ha). Se recomienda aplicarlo en pre-emergencia del cultivo y las malezas para controlar gramíneas y algunas de hoja ancha. En hoja ancha se destaca en especies de la familia poligonácea como sanguinaria, vinagrillo, porotillo y duraznillo. Habitualmente se emplea en mezcla con otros herbicidas.

8.1.7 Metribuzina (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1.0 L/ha) + **Pendimetalin** (Herbadox 330 EC; Spectro 33 EC, Pendimetalin 33% EC, 3 L/ha). Mezcla de estanque recomendada para controlar hoja ancha y gramíneas en pre-emergencia del cultivo y las malezas. Diseñada para controlar numerosas especies de hoja ancha, incluyendo poligonáceas como sanguinaria, porotillo, vinagrillo y duraznillo.

8.1.8 Clomazone (Command 4 EC, 0,2-0,3 L/ha). Se recomienda aplicarlo en pre-emergencia del cultivo y las malezas para controlar hoja ancha y algunas gramíneas. En hoja ancha su fortaleza es el control de tomatillo, porotillo y duraznillo. Su debilidad es el control de rábano y quingüilla.

8.2 Estrategias de control de malezas en papa con herbicidas suelo-activos

La mayoría de las estrategias de control de malezas con herbicidas suelo-activos mencionadas a continuación han sido diseñadas para emplearse en cultivo de papa mecanizado, es decir cuando la plantación y aporca se realizan simultáneamente, ya que bajo esta condición este tipo de herbicidas pueden expresar todo su potencial. Lo contrario ocurre, cuando poco después de aplicado se mueve el suelo, debido a que al mezclarse con éste se diluye.

Estrategia 1. Aplicación de **Metribuzina** (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1-1.5 L/ha) después de la plantación y antes de la emergencia del cultivo y las malezas. Los mejores resultados se obtienen aplicando la dosis superior. El control de hoja ancha siendo bueno, debería complementarse con una o más aporcas.

Estrategia 2. Aplicación de **Metribuzina** (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1-1.5 L/ha) después de la plantación y en pos-emergencia del cultivo y las malezas. El control de malezas de hoja ancha es más eficaz que el obtenido con la estrategia 1. Puede no ser necesario complementarse con aporca.

Estrategia 3. Aplicación de **Metribuzina** (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1-1.5 L/ha) + **Rimsulfuron** (Matrix, 100 g/ha) después de la plantación y en postemergencia del cultivo y las malezas. El control de malezas de hoja ancha es superior al obtenido con las estrategias 1 y 2. Normalmente no es necesario complementar con aporca.

Estrategia 4. Aplicación de **Flumioxazin** (Pledge 50 WP, 100-150 g/ha) después de la plantación y antes de la emergencia del cultivo y las malezas. El control de hoja ancha es superior al alcanzado con la estrategia 1, pero inferior al de las estrategias 2 y 3. Debe complementarse con aporca.

Estrategia 5. Aplicación de **Flumioxazin** (Pledge 50 WP, 100-150 g/ha) después de la plantación y antes de la emergencia del cultivo y las malezas, y aplicación de **Metribuzina** (Bectra 48 SC; Sencor 480 SC, 1-1.5 L/ha) + **Rimsulfuron** (Matrix, 100 g/ha) en pos-emergencia del cultivo y las malezas. Esta estrategia es equivalente al “Doble sello” empleada en trigo para controlar ballicas resistentes. Normalmente permite llegar a cosecha sin o con muy pocas malezas.

8.3 Factores que influyen en la eficacia de los herbicidas suelo activos recomendados en papa

Los siguientes factores son claves para obtener buenos resultados de control de malezas en el cultivo de papa con los herbicidas suelo-activos.

8.3.1 Humedad del suelo. En pre y pos-emergencia los mejores resultados de control de malezas se obtienen cuando los herbicidas suelo-activos se aplican en suelo húmedo, debido a que requieren movilizarse desde la superficie hasta los primeros 5 cm del suelo y ser absorbidos durante la germinación de las semillas y emergencia de las malezas. Cuando la humedad en el suelo es baja es conveniente regar primero o esperar que llueva. En suelo seco los herbicidas son fuertemente retenidos por éste, las malezas no absorben el producto y por lo tanto, el control es deficiente.

8.3.2 Tipo de malezas. Todos los herbicidas suelo-activos mencionados en papa controlan bien solo las malezas originadas de semillas, ya sea anuales o perennes, principalmente durante la germinación y emergencia de las plántulas. Por el contrario, no controlan o controlan deficientemente las malezas originadas de propágulos vegetativos como rizomas (vinagrillo, chéptica, mil en rama); cormos (pasto cebolla) y estolones (pila pila) o que tienen mucho desarrollo (más de 5 hojas o más de 10 cm de altura), aunque se hayan originado de semillas. De aquí la importancia de efectuar buenos barbechos (mecánico y/o químico) cuando predominan este tipo de malezas, previo a la plantación.

8.3.3 Desarrollo de las malezas. Cuando se aplican en pos-emergencia del cultivo y de las malezas, es muy importante que ambos tengan poco desarrollo, ya que de lo contrario aumenta el “*efecto paragua*” de las plantas de papa o de algunas malezas y porque a mayor desarrollo de las malezas aumenta su tolerancia a los herbicidas y, por lo tanto, disminuye el control (Fotos 7 y 8). En la práctica, las plantas de papa no deberían tener una altura superior a 10 cm y las malezas un desarrollo superior a 3 hojas. **Es importante recordar que en campo esto podría significar aplicar el herbicida antes que todas las plantas de papa hayan emergido.**

8.4 Factores que influyen en la selectividad de los herbicidas suelo-activos recomendados en el cultivo de papa

Todos los herbicidas suelo-activos recomendados en el cultivo de papa poseen una adecuada selectividad para éste en las dosis y épocas de aplicación recomendadas (Cuadro 1 y 2). Cuando se aplican después de la plantación, pero antes de la emergencia de las plantas de papa (pre-emergencia), el principal factor que influye en su selectividad, es la profundidad a la que se localiza el tubérculo, debido a que los herbicidas se diluyen a medida que se movilizan desde la superficie hacia capas

más profundas del suelo. En la práctica, para prevenir o minimizar la fitotoxicidad con los herbicidas, la capa de suelo sobre el tubérculo no debería ser inferior a 5 cm. Por otra parte, ya que la papa es un cultivo de hoja ancha, aquellos herbicidas que se destacan por una mayor eficacia para controlar malezas de hoja ancha tienen también mayor potencial para producir daño al cultivo. Obviamente, también influye la dosis del herbicida y su movilidad en el suelo.

Cuando metribuzina y rimsulfuron se aplican después de la emergencia de las plantas de papa puede ocurrir amarillez del follaje, lo que se explica fundamentalmente por el contacto directo de los herbicidas con las hojas. Afortunadamente dicha sintomatología, como también el retardo en el crecimiento de las plantas, son temporales y no afectan el rendimiento de tubérculos si ocurren en estados tempranos del crecimiento de las plantas.

Cuadro 2. Eficacia y espectro de control de los herbicidas suelo activos registrados para el cultivo de papa en Chile

| Herbicida | Tipo de malezas que controla | Eficacia y espectro de control de las malezas |
|---|--------------------------------|---|
| Metribuzina (Sencor 480 SC; Bectra 48 SC) | Hoja ancha y gramíneas | Fortaleza: control eficaz de rábano, yuyo, mostacilla y algunas gramíneas como ballica. Debilidad: deficiente control de tomatillo y quingüilla. Podrían no ser controladas eficazmente sanguinaria, porotillo, duraznillo y vinagrillo. |
| Rimsulfuron (Matrix) | Hoja ancha y gramíneas | Fortaleza: control eficaz de tomatillo, rábano, yuyo, mostacilla y algunas gramíneas como ballica. Debilidad: deficiente control de rábano, yuyo, sanguinaria, porotillo, duraznillo y quingüilla cuando se aplica en pre emergencia. |
| Pendimetalin (Herbadox 330 EC; Spectro 33 EC, Pendimetalin 33% EC) | Gramíneas y algunas hoja ancha | Fortaleza: control eficaz de sanguinaria, duraznillo, vinagrillo, porotillo y algunas gramíneas como ballica. Debilidad: no controla tomatillo, rábano, yuyo, mostacilla, manzanillón y quingüilla. |
| Metolaclo (Dual Gold) | Gramíneas y algunas hoja ancha | Fortaleza: control eficaz de ballica, pasto de la perdiz, pata de gallina y otras malezas gramíneas. Debilidad: deficiente control de numerosas malezas de hoja ancha y no controla rábano, yuyo y mostacilla. |

| | | |
|--|---------------------------------------|--|
| Linuron (Afalon 50 WP; Linurex 50 SC) | Hoja ancha y gramíneas | Fortaleza: control eficaz de quinguilla, moco de pavo, tomatillo, rábano, yuyo y mostacilla. Debilidad: podrían no ser controladas eficazmente sanguinaria, porotillo, duraznillo y ballica. |
| Flumioxazin (Pledge 50 WP) | Hoja ancha y gramíneas | Fortaleza: control eficaz de tomatillo, quinguilla, moco de pavo, rábano, yuyo, mostacilla, verdolaga y otras malezas de hoja ancha. Debilidad: podrían no ser controladas eficazmente rábano, sanguinaria, porotillo y ballica. |
| Clomazone (Command 4 EC) | Hoja ancha y algunas gramíneas | Fortaleza: control eficaz de tomatillo, mostacilla, porotillo, duraznillo, pasto pinito y otras malezas de hoja ancha y de malezas gramíneas como pasto de la perdiz y pata de gallina. Debilidad: control deficiente de quinguilla, rábano, yuyo, sanguinaria y ballica. |

8.5 Conclusiones

En Chile, en los últimos años, los avances en el control de malezas en papa han sido significativos a consecuencia de la introducción de diversos herbicidas suelo-activos, la mecanización del cultivo y el trabajo de investigación realizado por INIA Carillanca. Así, actualmente los productores de papa pueden utilizar diversas estrategias para controlar malezas, incluyendo aquellas que históricamente no podían ser controladas eficazmente como duraznillo, quinguilla, moco de pavo, porotillo, sanguinaria, tomatillo y rábano.

Literatura Consultada

ACHIPA. Asociación Chilena de la Papa. Julio- Octubre 2015. Nuevas estrategias para controlar malezas en papa en el sur de Chile, pp. 32-35.

ACHIPA. Asociación Chilena de la Papa. Junio Agosto 2014. En cultivos de papa de la zona sur: estrategias para controlar malezas perjudiciales, pp. 13-16.

9. Principales Enfermedades que Afectan al Follaje en el Cultivo de Papa

Patricio Méndez Leal
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



La planta de papa es hospedero de una amplia gama de organismos patógenos que incluyen bacterias, hongos, virus, viroides, nemátodos y fitoplasmas. Estos patógenos, en forma individual o como complejos, pueden causar severas reducciones en el rendimiento y la calidad de un cultivo de papa (Stevenson *et al.*, 2001).

En La Araucanía las principales enfermedades endémicas que afectan al follaje son el tizón tardío, el tizón temprano y la pudrición gris. De ellas el tizón tardío es la más importante, dado que puede generar importantes pérdidas si el productor no desarrolla una estrategia adecuada de prevención y control.

9.1 Tizón Tardío

El tizón tardío de la papa, causado por el hongo *Phytophthora infestans*, es la enfermedad más importante a nivel mundial que afecta este cultivo. La situación en Chile y específicamente en la zona sur sigue la misma tendencia, siendo muy importante en temporadas cuando la condición ambiental lo permite. Se caracteriza por ser un problema comunitario, que puede ser muy agresivo y generar importantes pérdidas de rendimiento en una temporada.

9.1.1 Síntomas

El hongo afecta hojas, tallos y tubérculos. En campo los primeros síntomas de la enfermedad se presentan con frecuencia en las hojas inferiores. Consisten en pequeñas manchas de color que varían entre verde claro y verde oscuro, y que al avanzar la enfermedad se convierten en lesiones pardas o negras. Las lesiones pueden desarrollarse por infección directa o por extensión a partir de las hojas, en pecíolos y tallos, donde se expanden longitudinalmente. Los tallos infectados se debilitan, pudiendo colapsar y morir desde la lesión hacia arriba.

Los tubérculos infectados presentan una descoloración superficial e irregular. Las lesiones necróticas, secas y de color café penetran desde la superficie.



Foto 1. Síntomas de tizón tardío en haz de hoja



Foto 2. Síntomas de tizón tardío en envés de hoja



Foto 3. Síntomas de tizón tardío en tallo



Foto 4. Síntomas de tizón tardío en haz de hoja

9.1.2 Condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad

Desde las fuentes primarias de infección (papas voluntarias, malezas y cultivos de la familia solanáceas), las esporas del hongo son diseminadas por el viento y la lluvia hacia los campos vecinos. Para el desarrollo de la enfermedad es de fundamental importancia el efecto de la temperatura y humedad. La enfermedad se desarrolla a temperaturas que van entre 15 y 25°C y una vez producida la infección su desarrollo es más rápido a 21°C. Por otro lado, requiere de humedad relativa cercana al 100 % y 12 horas de mojamiento (del follaje) para producir la infección del cultivo, que manifestará sus primeros síntomas entre los 5 a 7 días después de la infección.

9.1.3 Fuentes de inóculo o infección

Las fuentes de infección de tizón tardío son tubérculos-semilla infectados; pilas de tubérculos descartados, cultivos de papa vecinos y plantas hospederas.

- a. **Tubérculos-semilla infectados.** Los tubérculos se infectan a través de sus lenticelas y lesiones cuando, por acción de la lluvia, las esporas caen de las hojas infectadas y penetran en el suelo, especialmente cuando los tubérculos se forman en la superficie del suelo y no están suficientemente cubiertos por la aporca. En la cosecha los tubérculos también pueden ser contaminados por contacto con el follaje infectado. Normalmente los tubérculos infectados por tizón se pudren cuando son sembrados en el campo. Sin embargo, algunos tubérculos enfermos llegan a formar brotes que luego se convierten en fuentes primarias de infección.
- b. **Pilas de tubérculos descartados.** Se encuentran a menudo tubérculos infectados en las pilas de papas descartadas. También los tubérculos de cosechas anteriores que quedaron en el campo, pueden estar infectados, convirtiéndose en una fuente primaria de infección para un nuevo cultivo.



Foto 6. Pilas o montones de tubérculos descartados

- c. **Cultivos vecinos de papa.** Estos constituyen otra fuente de infección. Si un sector presenta síntomas y estos no se manejan o controlan, la infección llegará rápidamente (a través del viento, salpicado de esporas o del uso de maquinaria contaminada), a aquellos papales vecinos que no estén protegidos.



Foto 7. Cultivo con alta presión de tizón

- d. **Otras plantas hospederas.** Algunas plantas de la familia de las solanáceas pueden ser afectadas por *P. infestans*. En la mayoría de los países el tomate es el hospedero alternativo más importante. Malezas solanáceas como tomatillo (Foto 8) y chamico, pueden ser hospederos de esta enfermedad.



Foto 8. Síntomas de tizón tardío en tomatillo

9.1.4 Medidas de prevención y control

Existen medidas preventivas que se pueden utilizar para reducir la presión de la enfermedad en el cultivo.

- a. **Semilla libre de enfermedades.** El uso de semilla no infectada es una condición básica para la producción de papas sanas. A través de ella se elimina del campo una fuente primaria de infección. El uso de semilla certificada asegura al productor utilizar un material libre de enfermedades o con una baja carga de éstas.
- b. **Manejo agronómico.** Labores que aceleren la ventilación del follaje y reduzcan la humedad dentro del cultivo, contribuyen a restringir el desarrollo de la enfermedad. Entre estas labores se encuentran una mayor distancia entre surcos de plantación (Gráfico 1), dado que mientras más separación exista entre surcos, menor será la presión de la enfermedad. Por otro lado, el riego por aspersión también puede generar condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad debido al aumento de humedad en el microambiente alrededor del cultivo y produciendo láminas de agua sobre las hojas y tallos.



Foto 9. Entre hilera del cultivo

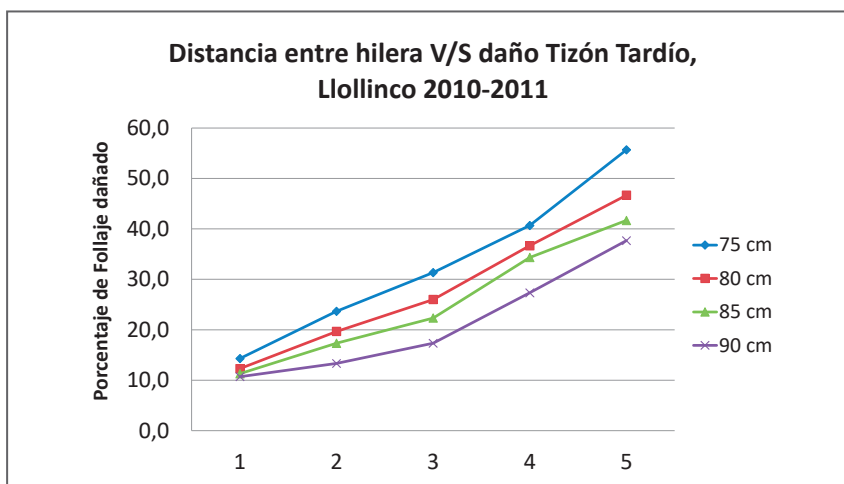


Gráfico 1. Evaluación de distancia entre hilera y porcentaje de daño por tizón tardío

Fuente: INIA Carillanca, 2011.

- c. **Aporca.** Los tubérculos sin cubrir o parcialmente cubiertos con suelo (Fotos 10 y 11), son fácilmente infectados por las esporas que el agua arrastra desde el follaje. Una aporca con abundante suelo que cubra los tubérculos reducirá la cantidad de esporas que llegan a éstos, evitando infecciones posteriores en almacenaje o en la siembra de la siguiente temporada, si es utilizado como papa semilla.



Foto 10. Tubérculos expuestos por aporca con poco suelo



Foto 11. Tubérculos expuestos por aporca con poco suelo

d. **Tolerancia varietal.** Se recomienda la utilización de variedades con un mayor nivel de tolerancia a la enfermedad. Durante la temporada 2010-2011 se realizaron ensayos por INIA Carillanca en distintas localidades (Gráficos 2 y 3), en los cuales se evaluó el nivel de tolerancia a tizón tardío para 4 variedades y dos líneas avanzadas. Los resultados indicaron la existencia de variedades con un mayor grado de tolerancia a esta enfermedad, como se observa con la variedad Patagonia INIA.

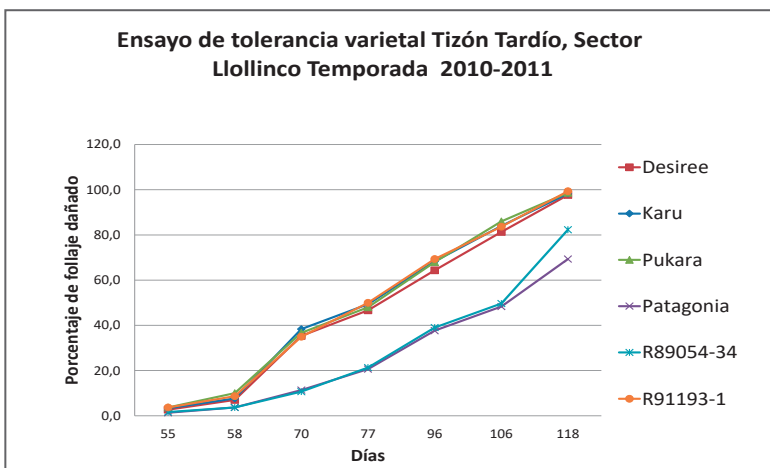


Gráfico 2. Ensayo de tolerancia varietal sector de Llollinco, comuna de Teodoro Schmidt

Fuente: INIA Carillanca 2011

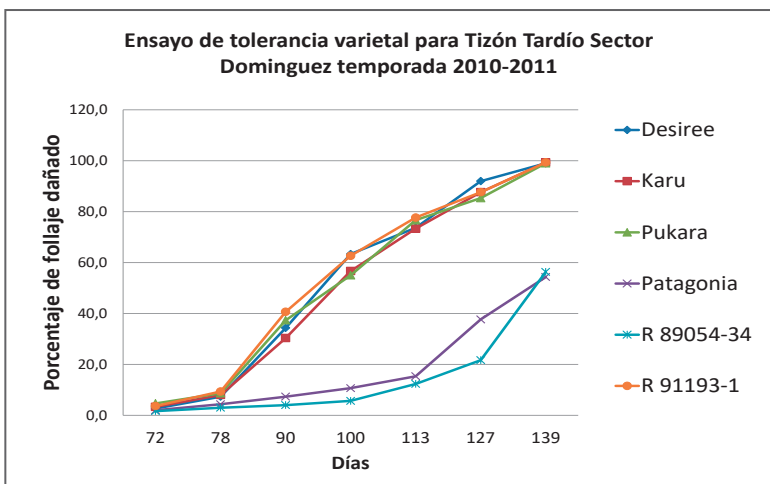


Gráfico 3. Ensayo de tolerancia varietal sector de Puerto Domínguez, comuna de Saavedra

Fuente: INIA Carillanca 2011.

- e. **Cosecha.** Si el follaje ha sido afectado por tizón tardío debe ser destruido mecánica o químicamente, por lo menos una semana antes de la cosecha. Esta práctica reduce la posibilidad de infección de los tubérculos por contacto con hojas y tallos, contribuyendo a la suberización de la piel (engrosamiento de piel que le da firmeza y una apropiada post cosecha), de tal manera que los tubérculos sean menos vulnerables a la infección .



Foto 12. Cultivo secado con desecante



Foto 13. Papas en óptimas condiciones para ser recogidas y ensacadas

Esto ayuda, además, a reducir el daño mecánico y la infección causada por patógenos durante el almacenamiento. Los tubérculos solo deben ser cosechados cuando estén maduros (la piel ya no se desprende al frotar el tubérculo). El suelo debe estar seco para impedir la infección a través de la piel dañada o las lenticelas. La recomendación general es que solamente se deben almacenar tubérculos libres de enfermedades.

Los residuos de un cultivo, incluyendo los tubérculos infectados, deben ser retirados del campo o enterrados con labranza profunda. Las pilas o montones de tubérculos descartados deben ser cubiertos con suficiente tierra, polietileno o alguna otra cubierta que impida la emergencia de éstos.

- f. **Control Químico.** Involucra la utilización de productos químicos, llamados fungicidas, capaces de prevenir la infección o realizar algún tipo de control posterior.



Foto 14. Aplicación de fungicida con mochila de espalda



Foto 15. Aplicación de fungicida con equipo pulverizador

9.1.5 Clasificación de fungicidas

Los fungicidas se pueden clasificar de diferente forma, dependiendo del objetivo de manejo que se utilice, todo dentro de una estrategia de control. Su uso depende del estado fenológico del cultivo, de la presión, la enfermedad y la condición ambiental imperante.

EuroBlight (entidad europea que estudia el tizón tardío, <http://euroblight.net>), realiza un ranking basado en ensayos de campo, clasificando los fungicidas de acuerdo a sus propiedades y comportamiento frente al tizón. De esta manera entrega datos al productor que le permiten desarrollar una estrategia de control eficiente.

Las propiedades evaluadas por EuroBlight son las siguientes:

- **Protección de nuevo crecimiento:** indica la protección de follaje nuevo, debido a la circulación sistémica o translaminar o la redistribución de un fungicida de contacto
- **Protección de tallos:** indica un control eficaz de la infección de tallos, ya sea por contacto directo o a través de actividad sistémica local
- **Protector:** las esporas mueren antes o en la germinación/penetración. El fungicida tiene que estar presente en la superficie de la hoja/tallo antes de que ocurra la germinación de la espóra/penetración
- **Curativo:** el fungicida es activo frente a tizón tardío durante el período inmediato pos-infección, pero antes de que los síntomas se hagan visibles

- **Anti-esporulante:** las lesiones de *Phytophthora infestans* son afectadas por el fungicida, disminuyendo la formación de esporangios (estructura que en los hongos produce esporas asexuales, generalmente zoosporas) o disminución de la viabilidad de los esporangios formados
- **Resistencia a la lluvia:** un fungicida se considera resistente a la lluvia si después de la aplicación se ha secado adecuadamente o ha sido absorbido por los tejidos vegetales, de tal forma de seguir siendo efectivo después de la lluvia o del riego.

9.1.5.1 Movilidad en la planta: contacto, translaminar o sistémica

- **Contacto:** actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración de los esporangios, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas de contacto o preventivos. Se caracterizan por proteger las zonas donde se deposita el fungicida. Las hojas que no reciben producto y/o aquellas que se desarrollan después de la aplicación, no estarán protegidas contra el hongo. En este caso resulta de vital importancia realizar una eficiente aplicación que llegue finalmente a toda la planta. Y su acción será efectiva mientras el producto no sea lavado por la lluvia.
- **Sistémicos:** estos fungicidas son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación o movimiento dentro de la planta se realiza en forma ascendente y por vía interna a través del xilema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas.
- **Translaminares:** son productos que tienen la capacidad de moverse a través de la hoja, pero no de hoja a hoja, por lo que las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno. En el mercado actual existe un gran número de fungicidas utilizados en papa que se encuentran dentro de este tipo. El método más comúnmente utilizado para prevenir el tizón en tubérculos es realizar aplicaciones al follaje. Se supone que pueden reducir el tizón en tubérculos debido a que i) reduce la esporulación; ii) reduce la viabilidad de los esporangios sobre las hojas; y iii) los residuos del producto al caer de las hojas, pueden inhibir la motilidad de las zoosporas en el suelo. Como es de suponer, no todos los fungicidas aplicados al follaje serán efectivos para controlar el tizón en tubérculos.

Cuadro 1. Clasificación de fungicidas adaptado de EuroBlight y basada en ensayos entre 2006-2015 en Europa

| I. Activo | Tizón de Hoja | Tizón de tubérculo | Nuevo crecimiento | Tizón de tallo | Pro- tector | Curati- vo | Anties- poru- lante | Resis- tencia a la lluvia | Mobili- dad |
|--|---------------|--------------------|-------------------|----------------|----------------|---------------|---------------------------|------------------------------------|----------------|
| Ditocarbamatos (maneb, mancozeb, propineb, metiran) | 2.0 | 0.0 | | + | + 1/2 | 0 | 0 | + | C |
| Chlorotaonil | | | | 1/2 | ++ | 0 | 0 | ++1/2 | C |
| Cyazofamid | 3.8 | 3.8 | ++ | + | +++ | 0 | 0 | +++ | C |
| Fluazinam | 2.9 | | | + | +++ | 0 | 0 | ++1/2 | C |
| Zoxamide + Mancozeb | 2.8 | | | + | +++ | 0 | 0 | ++1/2 | C + C |
| Famoxadone + Cymoxanil | | | | + 1/2 | ++ | ++ | + | ++1/2 | C + T |
| Mandipropamid | 4.0 | | ++ | + 1/2 | +++ | + | + ½ | +++ | C/T |
| Mandipropamid+ Difeconazole | 4.0 | | ++ | + 1/2 | +++ | + | + ½ | +++ | C/ T + C |
| Cymoxnil + Mancozeb | | | | + 1/2 | ++ | ++ | + | ++ | T + C |
| Dimethomorph+ Mancozeb | 3.0 | | | + 1/2 | ++1/2 | + | ++ | ++1/2 | T + C |
| Propamocarb + Fenamidona | 2.5 | | +1/2 | ++ | ++1/2 | ++ | ++ | +++ | S + T |
| Propamocarb + Fluopicolide | 3.8 | 3.9 | ++ | ++ | +++ | ++ | ++1/2 | ++1/2 | S + T |

Escala para tizón de hoja: 2 a 5; escala para tizón de tubérculo: 0 a 5.

Otras evaluaciones 0 = no tiene efecto; + efecto razonable; ++ buen efecto; +++ muy buen efecto; en blanco = no evaluado.

La información presentada en el cuadro sirve para discriminar la eficacia de cada fungicida evaluado, permitiendo su uso eficiente dentro de una estrategia de control. Por ejemplo, si existe lluvia inminente y se quiere proteger brotes nuevos se puede elegir el más resistente a la lluvia, utilizando el cuadro anterior.

9.1.5.2 Fungicidas en Chile

En nuestro país existe una amplia gama de fungicidas con registro vigente para control de tizón tardío (Cuadro 2), lo que indica que existe una variada tecnología para el manejo de esta enfermedad.

Cuadro 2. Listado de principales fungicidas recomendados para control de tizón tardío (Lista de plaguicidas con autorización vigente SAG, 2017)

| Nombre Comercial | Ingrediente Activo | Dosis | Tipo de acción | Empresa Distribuidora |
|---------------------|------------------------|-----------------|-----------------------------------|---|
| Daconil 500 | Clorotalonil | 1,5 - 2,4 L/ha | Contacto | Syngenta S.A. |
| Bravo 720 | Clorotalonil | 0,9 - 1,35 L/ha | Contacto | Syngenta S.A. |
| Clorothalonil 75 WG | Clorotalonil | 1 - 2 L/ha | Contacto | Sipcam Agrocomercial de Chile Ltda. |
| Hortyl 50 F | Clorotalonil | 2,5 - 3,5 L/ha | Contacto | Anasac |
| Glider 72 | Clorotalonil | 0,9 - 1,35 L/ha | Contacto | Rotam de Chile, Agroquímica Ltda.TDA. |
| Pugil 50 SC | Clorotalonil | 1,3 - 1,9 L/ha | Contacto | Sipcam Agrocomercial de Chile |
| Dithane NT | Mancozeb | 1,5-2,5 kg /ha | Contacto | Dow Agrosiences Chile S.A. |
| Mancozeb 80% PM | Mancozeb | 1,5-2,5 kg/ha | Contacto | Arysta Lifescience Chile S.A. |
| Polyram DF | Metiran complejo | 1,5 - 2,5 kg/ha | Contacto | Basf Chile S.A. |
| Valis M | Valifelanato/ Mancozeb | 2,5 a 3 kg/ha | Sistémico y contacto | FMC Corporation Chile LTDA. |
| Shirlan | Fluazinam | 0,4 - 0,6 L /ha | Contacto | ISK Biosciences Corp. Chile y CÍA.LTDA. |
| Comet | Pyraclostrobin | 0,5 L/ha | Contacto | Basf Chile S.A. |
| Curzate M-8 | Cymoxanil + Mancozaeb | 1,5 - 2 kg/ha | Sistémico translaminar y contacto | Dupont |
| Moxan MZ WP | Mancozeb + Cymoxanil | 1,5 - 2 kg/ha | Sistémico translaminar y contacto | Anasac |
| Cymanc | Cymoxanil + Mancozeb | 1,5 kg/ha | Sistémico y contacto | Agria S.A. / Zenith Crop Sciences Bulgaria LTD. |

| | | | | |
|-------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------------|--|
| Infinito | Propamocarb+ Fluopicolide | 1,6 - 2 L/ha | Sistémica acropétala y traslaminar | Bayer S.A. |
| Consento | Fenamidone + Propamocarb | 2,0-2,5 L/ha | Sistémico y traslaminar | Bayer S.A. |
| Forum sc | Dimetomorfo | 360 cc/ha | Sistémico traslaminar | Basf Chile S.A- |
| Zampro DM | AMETOCTRADINA / DIMETOMORFO | 0,8 a 1 L/ha | Sistémico y contacto | Basf Chile S.A- |
| Folio Gold | Mefenoxan + Clorotalonil | 2,0 - 2,5 L/ha | Sistémico y contacto | Syngenta |
| Revus 250 SC | Mandipropamida | 0,4 - 0,6 L/ha | Traslaminar y Contacto | Syngenta |
| Stimo WP | Mancozeb / Zoxamida | 2 a 2,5 kg/ha | Contacto | Anasac |
| Danjiri 10% SC | Etaboxan | 1 a 1,5 L/ha | Traslaminar | Summit Agro Chile SpA. |
| Equation Pro | Famoxadona/Cimoxanilo | 0,6 a 0,8 kg/ha | Contacto y traslaminar | Dupont Chile S.A. |
| Antracol 70% WP | Propineb | 2 a 2,5 kg/ha | Contacto | Bayer S.A. |
| Orvego WG | Ametoctradina/Metiram | 1 a 2 kg /ha | Preventivo | Basf Chile S.A. |
| Ranman 400 SC | Ciazofamida | 200 mL/ha | Contacto | Isk Biosciences Corp. Chile y Cia. Ltda. |
| Acrobat MZ 690 WP | Dimetomorfo/Mancozeb | 1,5 a 2 kg/ha | Traslaminar y contacto | Basf Chile S.A. |

9.1.6 Estrategias de control químico para tizón tardío

9.1.6.1 Momentos críticos de aplicación

En el desarrollo del cultivo existen períodos críticos que hacen necesario mantener el cultivo protegido para evitar el desarrollo de la enfermedad. Dichos períodos se producen antes del cierre de hilera, en estado de floración y en período de maduración del cultivo.

Actualmente el tizón tardío es una enfermedad que puede prevenirse y la estrategia a utilizar dependerá del tipo de productor, de la logística del predio, la presión de la enfermedad y la condición ambiental imperante. La mejor estrategia de control siempre será aquella que permita prevenir la enfermedad, dado que una vez que el hongo infecta un papal, no existe un producto que permita erradicar la enfermedad.

Por lo tanto, resulta fundamental evitar el ingreso del hongo, para ello y de acuerdo a las herramientas que existen actualmente, se puede complementar con un control a través de calendario fijo o utilizando el sistema de alerta temprana de INIA.

9.1.6.2 Sistema de alerta temprana: existen modelos de predicción de ocurrencia de la enfermedad o pronosticadores que usan datos climáticos para predecir las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Este sistema utiliza una red de estaciones meteorológicas que entregan información climática que considera los siguientes parámetros: temperatura, humedad relativa y precipitaciones de los sectores de producción. Dicha información es procesada a través de un modelo predictivo, permitiendo enviar alertas sobre el desarrollo de la enfermedad.

En Chile, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) posee un sistema de este tipo (<http://tizon.inia.cl>), el cual da alertas con distinto nivel de intensidad y que entrega al usuario herramientas para la toma de decisiones para el control de dicha enfermedad.

9.1.6.3 Calendario fijo: esta estrategia de control plantea realizar aplicaciones de fungicida en forma periódica con intervalos de tiempo definidos. Normalmente se inician estas aplicaciones antes del cierre de la hilera, y se mantienen hasta la madurez del cultivo. En esta estrategia se deben alternar productos, utilizando preferentemente fungicidas sistémicos translaminares hasta el período de floración, porque éstos son más eficientes mientras la planta se encuentra en crecimiento activo. Luego se recomienda utilizar productos de contacto que eviten la esporulación en etapas finales del cultivo.

9.2 Tizón temprano de la papa

Es una enfermedad causada por un hongo saprófito cuyas especies más comunes son *Alternaria solani* y *Alternaria alternata*. Normalmente no presenta la agresividad de tizón tardío, pero existen temporadas en que se observa una mayor incidencia o daño al cultivo. Su desarrollo se favorece cuando el cultivo se encuentra sometido a alguna situación de estrés tal como altas temperaturas, sequía y déficit de nutrientes que tienden a acelerar el envejecimiento de éste.

9.2.1 Síntomas. El tizón temprano causa lesiones necróticas en hojas, tallos, frutos y tubérculos (Rotem, 1994). Las lesiones suelen limitarse a los márgenes de los haces vasculares del foliolo y comienzan en la parte inferior de la planta, diseminándose hacia el follaje superior. Además, en las hojas se desarrollan lesiones circulares, de color marrón oscuro, con anillos dispuestos concéntricamente que luego se agrandan formando áreas necróticas. En condiciones de sequía las lesiones pueden perforarse

dejando orificios. Las hojas pueden volverse completamente cloróticas, secándose y muriendo. Lesiones similares ocurren también en los peciolo y tallos. La infección en los tallos puede ocasionar que éstos se quiebren y que las partes no infectadas de la planta que ubicadas más arriba mueran. Los síntomas en el follaje pueden ser confundidos con la maduración temprana y con los síntomas de marchitez causada por *Verticilium* (Zachmann R., 1982).

Las infecciones en los tubérculos se caracterizan por lesiones irregulares, hundidas, con bordes elevados. Están distribuidas sin orden en la superficie del tubérculo. Su color pasa del gris al marrón o púrpura y al negro. El tejido que está debajo de las lesiones es de color marrón oscuro, duro y seco, y se extiende dentro del tubérculo desde unos pocos milímetros hasta 2-3 cm (Zachmann R., 1982).

9.2.2 Epidemiología



Foto 15. Hoja con lesiones circulares



Foto 16. Lesiones circulares y clorosis



Foto 17. Anillo concéntrico y lesión clorótica desarrollada en foliolo



Foto 18. Lesión limitada con haces vasculares



Foto 19. Lesión con anillos concéntricos



Foto 20. Lesión clorótica

Según Hadders (2004), el hongo (*Alternaria sp*) sobrevive en la temporada de invierno como conidia o micelio sobre desechos vegetales infectados, en el suelo y/o en semillas.

La infección foliar es favorecida por altas temperaturas, (26 y 27 ° C para *Alternaria solani* y 25 y 26 ° C para *Alternaria alternata*) y humedad. Según Escuredo *et al.*, (2010), existe una fuerte correlación positiva entre la concentración de esporas del hongo y la temperatura. El contenido de esporas en la atmósfera aumenta cuando las temperaturas media, máxima y mínima aumentan, convirtiendo a *Alternaria* en un hongo dependiente de la temperatura. De acuerdo a Gudmestad y Pasche (2007), uno de los factores que favorece el desarrollo de la enfermedad es la alternancia entre ambiente seco y húmedo, ayudando la formación de esporas y el desarrollo de la enfermedad. Otros factores que aumentan las pérdidas por esta enfermedad son el riego por aspersión, la cosecha mecánica y el almacenamiento a temperaturas elevadas (superiores a 10°C).

9.2.3 Principales diferencias con Tizón tardío

Las hojas con síntomas de tizón tardío muestran esporulación en forma de moho blanco en el envés de las hojas, lo que no ocurre con el tizón temprano. En contraste con el tizón temprano, el tizón tardío se presenta bajo condiciones prolongadas de humedad y temperatura moderada. Las lesiones causadas por el tizón temprano en los tubérculos no se extienden en forma irregular en el interior del tejido, como ocurre en el caso del tizón tardío.

9.2.4 Medidas de Prevención y control

El manejo integrado de tizón temprano involucra prácticas culturales y de control químico.

9.2.4.1 Control cultural: debido a que el desarrollo del tizón temprano está relacionado con el vigor y la maduración del cultivo, el manejo agronómico debe estimular un apropiado vigor de plantas. Nutrición y humedad adecuada pueden disminuir la presión de la enfermedad. Según Trenchet *et al.*, (1992) y McLeod (1997) algunas medidas de control cultural incluyen las siguientes:

- a) Previo a la cosecha 2 a 3 semanas, se debe secar el follaje, eliminar el follaje infectado y esperar que los tubérculos subericen o afirmen piel, de modo de hacerlos más resistentes a los daños mecánicos, evitando además su contaminación con *Alternaria*
- b) Promover la sanidad y el crecimiento mediante una fertilización balanceada
- c) Uso de variedades con mayor tolerancia. Las variedades de papa muestran diferentes niveles de resistencia de campo, pero ninguna de ellas es inmune. La susceptibilidad está asociada con la maduración temprana. Las variedades tardías son generalmente menos afectadas
- d) Restringir plantas voluntarias. Como el tizón temprano sobrevive en los desechos de la planta, todos los residuos infectados deben eliminarse del campo después de la cosecha
- e) Rotación con cultivos no hospederos (cultivos forrajeros y cereales incluyendo maíz, ayuda a reducir la cantidad de inóculo de un determinado potrero)
- f) Uso de papa semilla certificada.

9.2.4.2 Control químico

El tizón temprano puede ser controlado en forma efectiva mediante reducidas aplicaciones de fungicidas, siempre que la aspersion se efectúe de conformidad con la esporulación secundaria. Las aplicaciones tempranas tienen poco efecto, y las aplicaciones continuas e indiscriminadas no mejoran los resultados, además de aumentar los costos de producción (Zachmann R., 1982). Independientemente de las especificaciones de los fabricantes, se recomienda que los fungicidas de contacto se apliquen regularmente en las primeras etapas de la enfermedad para prevenir la infección. Desde la floración temprana hacia adelante, deben aplicarse entre 3-4 pulverizaciones de un fungicida sistémico. Si aparecen síntomas antes de la floración, la aplicación de un fungicida sistémico debe ser inmediata.

Cuadro 3. Listado de principales fungicidas utilizados en el control de tizón temprano. (Lista de plaguicidas con autorización vigente SAG, 2017)

| Nombre Comercial | Ingrediente Activo | Dosis | Tipo de Acción | Empresa |
|-------------------------------|--|--------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Amistar Top | Azoxystrobin 200g/L/ Difenoconazole 125g/L | 0,25-0,35 L/ha | Translaminar y contacto | Syngenta S.A. |
| Amistar Opti | Azoxystrobin 60g/L Clorotalonil 600g/L | 1,3-1,7 L/ha | Translaminar y contacto | Syngenta S.A. |
| Consento 450 SC | Propamocarb HCl 375g/L Fenamidone 75g/L | 2,0-2,5 L/ha | Sistémico y contacto | Bayer S.A. |
| Priori | Azoxystrobin 250 g/L | 0,5 L/ha | Translaminar | Syngenta S.A. |
| Comet | Pyraclostrobin 250 g/L | 0,5 L/ha | Translaminar | Basf Chile S.A. |
| Score 250 EC | Difenoconazole 250 g/L | 400-500 mL/ha | Translaminar | Syngenta S.A. |
| Caramba 90 SL | Metconazole 90g | 1 L/ha | Translaminar | Basf Chile S.A. |
| Apache Plus 535 SC | Trifloxystrobin 375g/L Cyproconazole 160g/L | 0,4L/ha | Translaminar | Bayer S.A. |
| Caldera 250 EC | Difenoconazol | 400 - 500 mL/ha | Sistémico | Arysta Lifescience Chile S.A. |
| Dominio 25 EC | Difenoconazol | 400 - 500 mL/ha | Sistémico | Anasac |
| Cantus | BOSCALID | 250 g/ha | Sistémico | Basf Chile S.A. |

9.3 Pudrición Gris (*Botrytis cinerea*)

La pudrición gris es una enfermedad ocasionada por el hongo *Botrytis cinerea*, generalmente es de poca importancia económica.

9.3.1 Síntomas

Los síntomas se hacen evidentes en el follaje hacia el final del período del cultivo. Las lesiones en las hojas superiores son raras. La enfermedad se desarrolla principalmente durante los períodos de clima frío y húmedo, por lo general a fin de estación. Se manifiesta mayormente en los márgenes de las hojas apicales, formando una especie de cuña bordeada por las nervaduras principales. Las masas de esporas de *Botrytis* son de color castaño a plumizo (nunca blancas) y generalmente son más abundantes y densas que las fructificaciones de *Phytophthora infestans*.

Botrytis fructifica en las partes de la flor, las cuales caen sobre las hojas produciendo en ellas lesiones circulares no restringidas por las nervaduras. Las hojas inferiores que se vuelven cloróticas por falta de luz, a consecuencia de la sombra proyectada por el follaje superior, se pudren y el hongo fructifica en los peciolos y tallos en descomposición, y con menos frecuencia en las hojas. A partir de las hojas infectadas el hongo se disemina e invade sucesivamente los peciolos y la corteza del tallo.

La infección se hace evidente en las partes senescentes de la planta que han sido predisuestas por un exceso de sombra o de humedad. Es característico el desarrollo de necrosis en forma de cuña o “V” en el extremo de los folíolos, delimitando la zona sana de la necrosada por un borde amarillo pálido. En los tallos se puede producir una pudrición húmeda, generalmente asociada a una herida.

La infección a los tubérculos no es muy común, por lo menos no se hace evidente durante las operaciones de cosecha, pero se desarrolla durante el almacenaje y bajo ciertas condiciones puede ser de carácter grave.



Foto 21. Síntomas de *Botrytis* en haz de hoja



Foto 22. Síntomas de *Botrytis* en envés de hoja

9.3.2 Epidemiología

La pudrición gris es favorecida por períodos de baja temperatura, humedad (lluvia, rocío, niebla); riegos abundantes en tiempo fresco y canopia densa o baja en altura. Tejidos enfermos, débiles y con heridas, incrementan la posibilidad de infección, particularmente cuando el tejido comienza a madurar. El desarrollo de las lesiones se ve limitado bajo condiciones secas y por efecto del sol.

El hongo es un saprófito y patógeno débil que es acarreado por el viento y la lluvia, depositándose sobre las plantas donde las esporas pueden penetrar directamente el tejido foliar, iniciando una infección con temperaturas que van entre 4 y 25°C.

9.3.3 Medidas de prevención y control

Las medidas de control cultural juegan un rol importante en el control de pudrición gris, ya que:

- a. Propicia que el cultivo cuente con todos sus requerimientos, sin incurrir en excesos, como en la cantidad de fertilizantes y riego
- b. El uso de fungicidas preventivos puede ejercer un eficiente control de pudrición gris
- c. La aplicación de fungicidas durante la estación de crecimiento puede reducir la pudrición gris a nivel de tubérculos durante el almacenaje
- d. Cosechar los tubérculos cuando el follaje esté completamente muerto y seco, y los tubérculos con piel firme
- e. Reduce las heridas durante la cosecha, selección y transporte.

Cuadro 4. Listado de principales fungicidas utilizados en el control de *Botrytis*. (Lista de plaguicidas con autorización vigente SAG, 2017)

| Nombre Comercial | Ingrediente Activo | Dosis | Tipo de acción | Empresa |
|------------------|--------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| Tercel 50 WP | Iprodione | 1-2 kg/ha | Contacto | Anasac |
| Captan 83 WP | Captan | 200 - 250 g /100 L agua | Contacto | Makhteshim Agan Chile SpA |
| Folpan 50 WP | Folpet | 200 - 300 mL / 100 L agua | Contacto | Makhteshim Agan Chile SpA |

Literatura consultada

Escuredo, O., Siejo M., Fernández M., Iglesias I., 2011. Effects of meteorological factor son the levels of *Alternaria* spores on a potato crop Int J Biometeorol (55):243-252.

Gudmestad NC, Pasche JS (2007) In: Schepers HTAM (ed) Role of fenamidone in the management of potato early blight- *Alternaria solani*. Special report no. 12. Proc. 10th Workshop of a European Network for Development of an Integrated Control Strategy of Potato Late Blight. Italy, Bologna, 2-5 May 2007. Applied Plant Research Wageningen UR, PPO 370:175-182.

Hadders, J. 2004, *Alternaria* control in the USA and Egypt. PPO-Special Report n° 10 pp.119-123.

Hooker, W.J. 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa 166 pp.

Kapsa, J. 2008. Important Treats in Potato Production and Integrated Pathogen/Pest Management. Potato Research (51):385-401.

McLeod, A. 1997. Strategies for the control of late and early blight. In: Potato production in SA with the emphasis on KwaZulu-Natal, 69–73 (Ed. LUrquhart). Agricultural Research Council, Pretoria.

Méndez, P., Inostroza, J. 2009. Manual de Papas para La Araucanía: manejo de cultivo, enfermedades y almacenajes. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Carillanca, km. 10 camino Cajón – Vilcún, comuna de Vilcún (56 45) 215706.

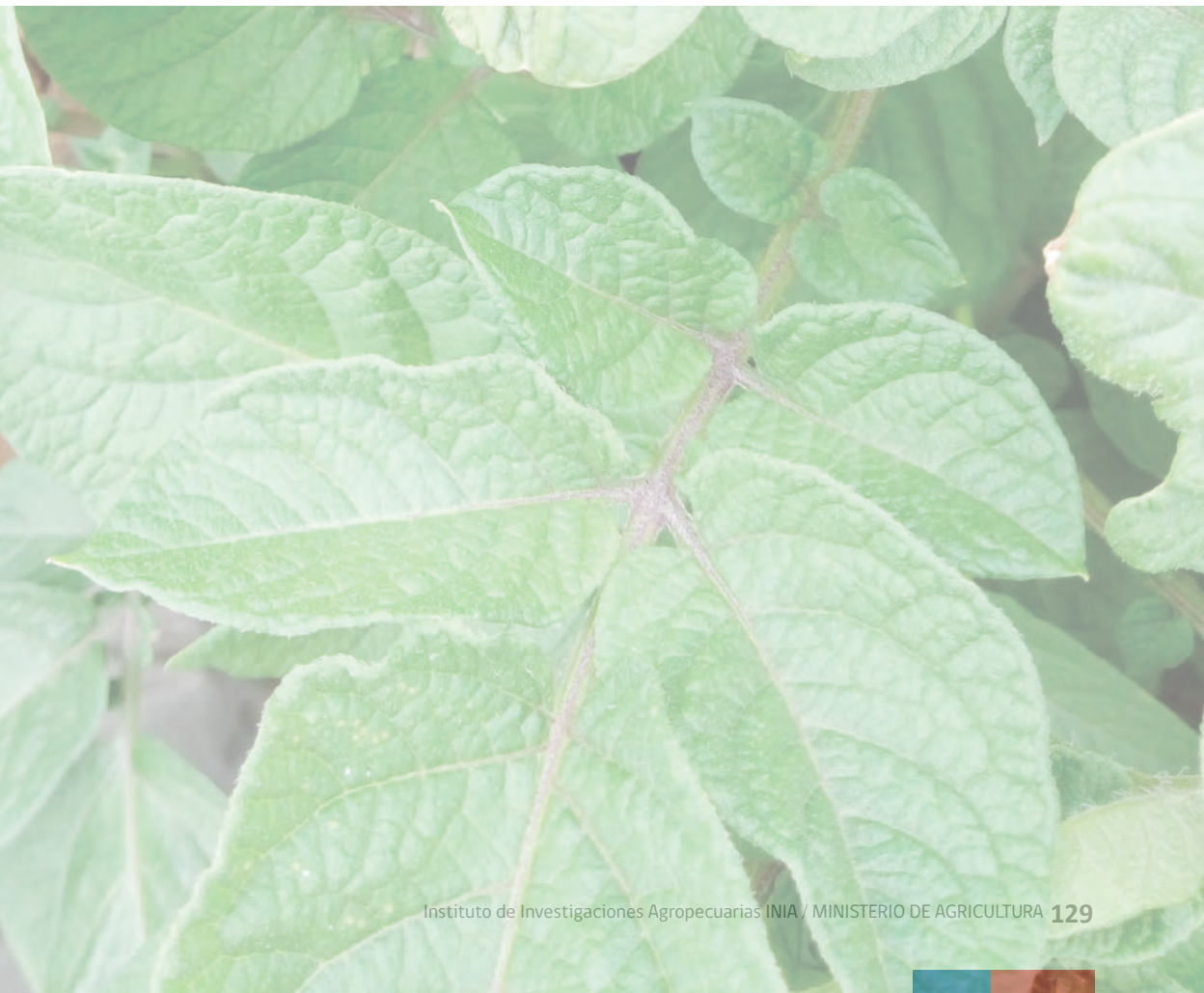
Rotem, J. 1994. The genus *Alternaria*: Biology, Epidemiology and Pathogenicity. American Phytopathological Society. Michigan, Estados Unidos. 326 p.

Stevenson, W., Loria R., Franc G., and Weingartner D. 2001. Compendium of Potato Diseases, Second Edition 106 pp.

Trench T N, Wilkinson DJ & Esterhuysen S P, 1992. South African plant disease control handbook. Farmer Support Group, University of Natal, Pietermaritzburg.

Van der Waals J, Korsten L & Avelling T A S 2001. A review of early blight of potatoes. African Plant Protection 7(2):91-102.

Zachman, Rainer. 1982. El Tizón Temprano de la Papa: *Alternaria solani*. Boletín de Información Técnica 17. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 13p.





10. Enfermedades Causadas por Virus

Rafael Galdames Gutiérrez
Ing. Agrónomo Dr.
INIA Carillanca



10.1 Los virus como agentes patógenos de plantas

Los virus como fitopatógenos presentan características únicas que los hacen muy diferentes a otros agentes causantes de enfermedades en plantas, tales como hongos y bacterias. Sus principales características son:

- Corresponden a partículas infectivas submicroscópicas, es decir es posible observarlos directamente solo a través de un microscopio electrónico, pues se requieren aumentos del orden 70.000X o más
- Están compuestos por una pequeña porción de ácido nucleído (casi en la totalidad de los casos los virus de plantas son de ARN o ácido ribonucleico) rodeado de una envoltura proteica o cápside
- Portan información genética en su ARN, la cual típicamente codifica para al menos tres proteínas responsables de las funciones de replicación, envoltura y movimiento del virus dentro de la planta
- Son parásitos obligados. Es decir dependen de la maquinaria celular de sus hospederos para reproducirse y por lo tanto, no son activos fuera de ellos. Esta característica ha llevado a señalar que no son organismos vivos.

10.1.1 Transmisión y diseminación de los virus

Debido a que los virus no pueden ingresar de manera directa a una planta ni tampoco salir de ella por sus propios medios, varios mecanismos permiten su transmisión y en consecuencia su diseminación en el campo. La transmisión, es decir el movimiento del virus de una planta enferma a otra planta sana, puede ocurrir de muchas maneras: mecánica, semilla, polen, vectores (insectos, plantas parásitas, nemátodos, ácaros y hongos) y propagación vegetativa. En un sentido estricto y particularmente para el cultivo de la papa al emplear tubérculo-semillas infectados por virus lo cual deriva de un proceso de propagación vegetativa generará descendencia o progenies contaminadas por virus. Por lo anterior es más bien un mecanismo de diseminación que de transmisión.

Para el caso de papa y sus principales virus que lo afectan, operan estrictamente dos formas de transmisión: por insectos (áfidos o pulgones) y mecánica (savia).

10.2 Transmisión por insectos y su implicancia en el control

Representa la vía más común y económicamente más importante de transmisión, donde los áfidos o pulgones son los protagonistas. Para este cultivo son numerosas las especies de pulgones con la capacidad de transmitir los principales virus que lo afectan. Sin embargo, existen diferencias significativas en la eficiencia de transmisión,

es decir cuando un pulgón es portador de partículas virales infectará solo un porcentaje de las plantas en las que se alimenta. A nivel mundial, el pulgón verde del duraznero (*Mysus persicae*) es reconocido como uno de los más relevantes.

Los pulgones pueden transmitir los virus básicamente de tres formas: persistente, no persistente y semi persistente. En la forma persistente el pulgón adquiere el virus una vez que se alimenta de una planta enferma, y lo transmite después de un período de latencia o incubación que puede tardar horas o días. En este caso el pulgón mantiene la infectividad por días y en algunos casos por el resto de su vida. En la forma de transmisión no persistente el pulgón adquiere el virus y lo puede transmitir casi de manera simultánea. Sin embargo, el pulgón mantiene la infectividad por corto tiempo (usualmente menos de dos horas). Aquellos virus que se transmiten en una categoría intermedia entre persistente y no persistentes se les identifica como semi persistentes.

Para el caso de los virus que afectan al cultivo de la papa, dos buenos ejemplos de importantes virus transmitidos por pulgones corresponden al PLRV y al PVY. El PLRV al transmitirse de manera persistente, puede ser controlado de manera efectiva mediante el empleo de insecticidas, fundamentalmente porque éstos matan al pulgón antes que pueda transmitir el virus a plantas sanas. Por el contrario, para el caso del PVY uno de los grandes problemas que existen para su control es que los tratamientos insecticidas matan al pulgón después que el virus ha sido transmitido.

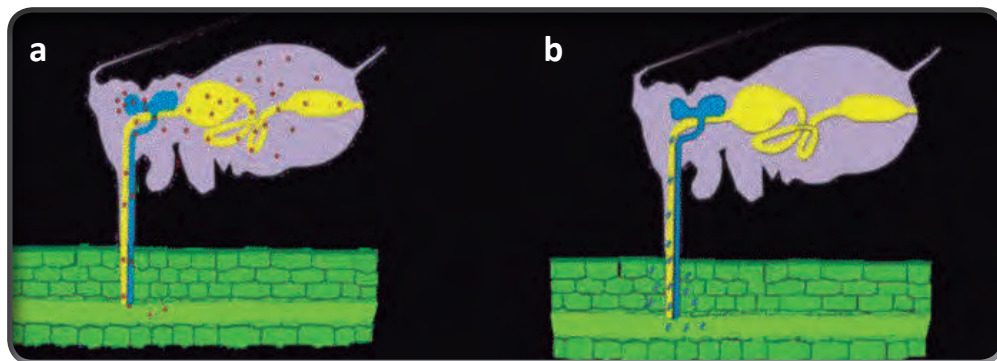


Figura 1. Representación esquemática de dos formas de transmisión de virus por áfidos o pulgones en papa. a) Persistente como el PLRV (el virus una vez adquirido circula o pasa por el sistema digestivo del pulgón, hemolinfa y llega finalmente a las glándulas salivales). b) No persistente como el PVY o PVA (el virus una vez adquirido es retenido en el estilete por algunos segundos y no ingresa al pulgón). Puntos rojos: partículas de virus persistente; líneas azules: partículas de virus no persistente (Adaptado de la Sociedad Americana de Fitopatología)

10.2.1 Transmisión mecánica

Ocurre cuando una planta infectada entra en contacto con otra planta sana, o por movimiento de maquinaria, implementos agrícolas o animales dentro del cultivo. Este proceso involucra la introducción de un virus infectivo en un sitio determinado de la planta a través de heridas o por abrasión de la superficie de la planta. El PVX, PVS y PVM son buenos ejemplos de virus que se transmitidos mecánicamente. Sin embargo, otros virus como el PVY a pesar que la vía de transmisión es principalmente por pulgones, también se ha demostrado que pueden ser transmitidos por contacto de hoja-hoja.

10.2.2 Propagación vegetativa o por tubérculos

Resulta del uso de tubérculo-semilla infectado. Al emplear tubérculos infectados en la siembra se originan en la misma proporción plantas infectadas o portadoras de virus. En consecuencia, durante el desarrollo del cultivo se sumará posteriormente la infección viral resultante de procesos de transmisión por pulgones y/o mecánica.

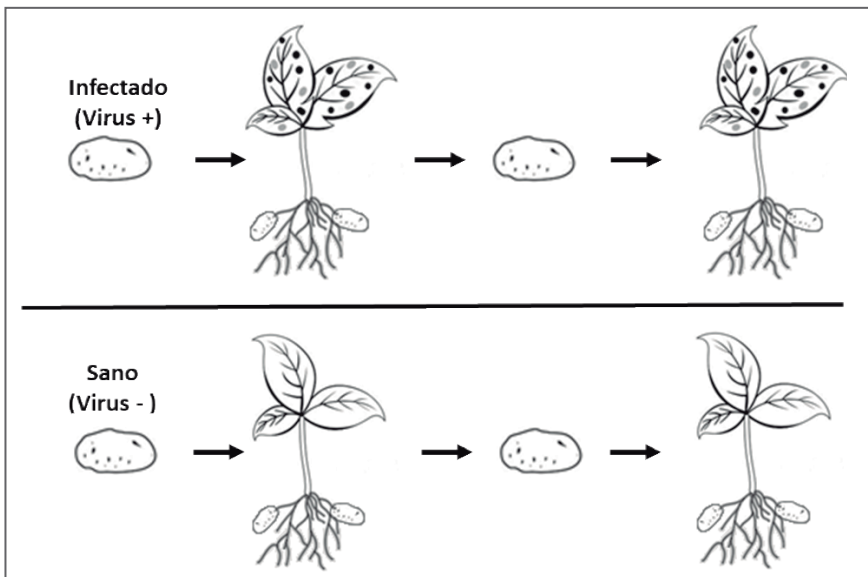


Figura 2. Los virus sobreviven en el tubérculo-semilla, en consecuencia al emplear un tubérculo infectado (virus +) darán origen a una planta enferma y ésta nuevamente originará tubérculos infectados. El uso de semilla infectada es una de las vías más efectiva de diseminación de los virus

10.3 Importancia de los virus en papa

Varios de los virus que afectan al cultivo pueden reducir de manera muy importante el rendimiento y calidad de los tubérculos. En Chile, las primeras evidencias de su efecto dañino remonta a los años 40, cuando se asoció como una de las causas del fenómeno conocido como “degeneración de la papa”. Esto, debido a la acumulación principalmente de virus a través de los ciclos del cultivo como resultado del uso reiterado de los tubérculos de menor calibre para semilla. Desde los años 60, se ha determinado que los niveles de infección (porcentaje de plantas infectadas) en diferentes variedades de papa tiene una alta correlación con la caída en el rendimiento. Antecedentes nacionales señalan que los virus causan niveles variables de pérdidas, los que pueden fluctuar entre un 5 a un 90%. Sin embargo, actualmente se sabe que las pérdidas no solo están asociadas al porcentaje de plantas infectadas, sino que a muchos otros factores, tales como: virus y raza, mezclas de virus (co-infección o más de un virus presente); tipo de infección (iniciada por pulgones o primaria, a partir de tubérculos o secundaria); susceptibilidad de la variedad y condiciones ambientales; por lo cual resulta desafiante disponer de datos precisos de pérdidas para situaciones particulares. Información extranjera ubica a los virus PVY, PLRV y PVA como los más dañinos, y en menor grado a los virus PVX, PVS y PVM.

10.3.1 Principales virus que afectan al cultivo

El número de virus que pueden infectar al cultivo a nivel mundial se aproxima actualmente a los 40. Sin embargo, los más relevantes y que al mismo tiempo su presencia está bajo regulación en el proceso de certificación de semilla en Chile incluyen: virus Y de la papa (PVY); virus del enrollamiento de la hoja (PLRV); virus A de la papa (PVA); virus X de la papa (PVX); virus M de la papa (PVA) y el virus S de la papa (PVS).

10.3.1.1 Virus Y de la papa (PVY)

- **Características y sintomatología**

Considerado actualmente como uno de los virus más comunes e importantes que afecta al cultivo en Chile, así como en todas las zonas productoras de papa del mundo. También es conocido como **virus del mosaico común o virus del mosaico severo**. Sin embargo, los síntomas que produce son muy variados y en gran medida dependen de la raza del virus y de la variedad de papa. Moteados cloróticos débiles hasta necrosis y muerte de la planta pueden ocurrir. Variaciones en la sintomatología también se presentan si la infección se inicia por áfidos (infección primaria) o a partir del tubérculo semilla (infección secundaria). También se pueden presentar síntomas en tubérculos caracterizados por anillos necróticos.

Se han descrito varias razas de este virus, las que incluyen PVY^O (raza ordinaria o común), PVY^N (raza necrótica por la reacción que causa en hojas de tabaco, siendo en papas menos agresiva que PVY^o), PVY^{NTN} (raza que causa necrosis en tabaco, pero también causa manchas necróticas y anillos en los tubérculos de algunas variedades de papa) y PVY^{N:O} (razas recombinates porque tienen algunas características que comparten de las razas PVY^o y PVY^N). Las razas de PVY pueden interactuar con otros virus de la papa tales como el PVX y PVA, lo cual no solo hace más variada la sintomatología, sino que además se traduce en mayor potencial de daño.

El PVY es transmitido por pulgones de manera no persistente y mecánicamente a través de la maquinaria o implementos agrícolas, como también por el daño que se les hace a las plantas mientras se camina a través del cultivo. Sin embargo, lejos los pulgones son el medio más eficiente de transmisión.

- **Manejo y/o control**

El método más efectivo para controlar el PVY se basa en el empleo de semilla libre de virus o certificada. En la medida que se emplea semilla con el menor nivel posible de infección se reduce al máximo el número de plantas que servirán como fuente del virus en el cultivo siguiente. Los tratamientos insecticidas son eficientes en controlar los pulgones o vectores de este virus, pero en general son muy limitados en reducir la diseminación del virus en el campo. Alternativamente, hay muchas expectativas cifradas en el empleo de aceites minerales, ya que pueden reducir la adquisición y retención del virus por el áfido y de esta forma reducir la dispersión. Sin embargo, la experiencia internacional ha mostrado resultados muy variables de efectividad (reducción en la dispersión) los que han fluctuado entre un 18% a 89%. Por otro lado, la diseminación mecánica puede disminuirse desinfectando la maquinaria y reduciendo el tráfico a través del cultivo. El PVY posee un amplio rango de hospederos, siendo de especial importancia las especies de la familia de las solanáceas. Por lo anterior, se deben eliminar (no dejar en el campo) junto a las plantas de papa espontáneas, también las malezas que puedan servir como reservorio del virus. Buenas prácticas de control de malezas contribuyen a disminuir el problema.

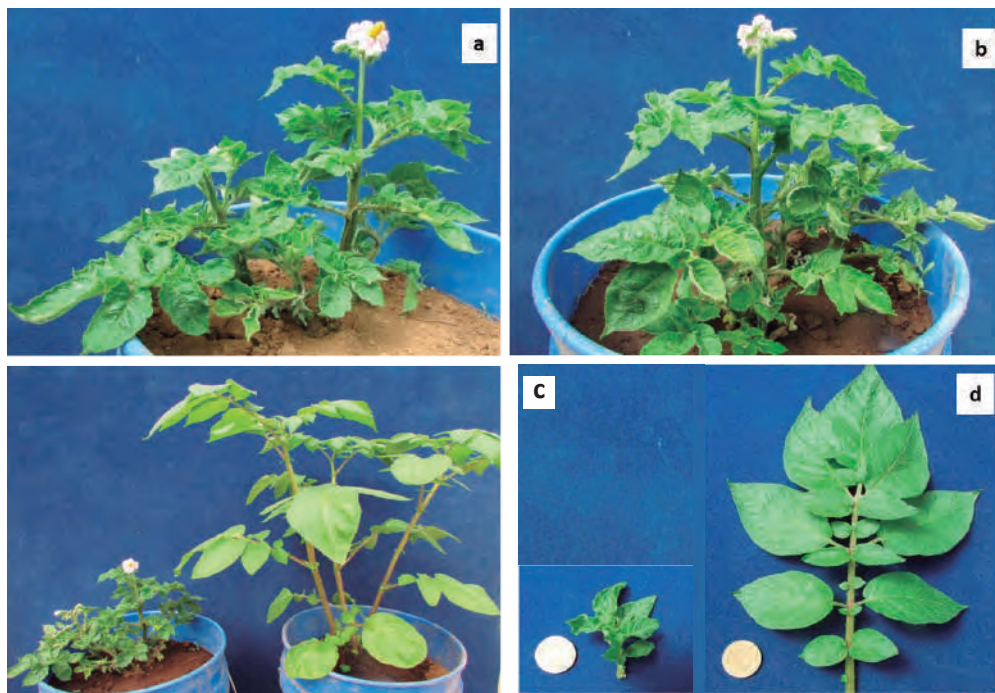


Foto 1. Síntomas foliares severos causados por PVY. Deformación de hojas, mosaico (Fotos a y b) y enanismo (Fotos c y d)

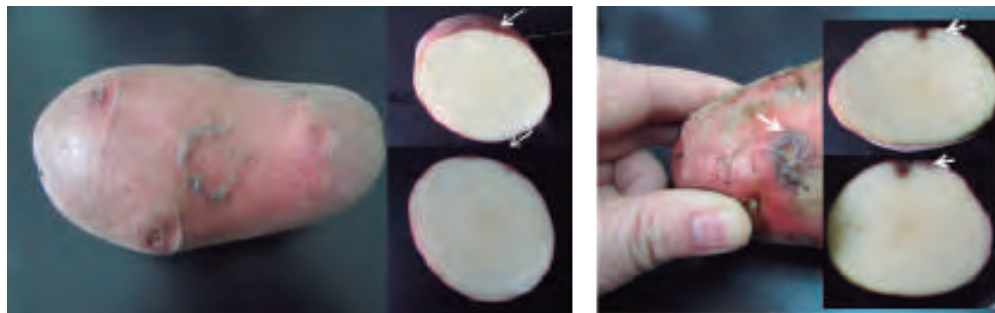


Foto 2. Síntomas en tubérculos causados por PVY (PVY^{NTN}). Anillos necróticos y lesiones sub epidérmicas superficiales (izquierda) y más profundas (derecha)

10.3.1.2 Virus del enrollamiento de la hoja de papa (PLRV)

- **Sintomatología y características**

Virus de gran importancia y altamente distribuido a nivel mundial. El PLRV es transmitido por diferentes especies de áfidos de manera persistente, siendo *Myzus*

persicae el más importante. El proceso infectivo de este virus está restringido a los tejidos vasculares del floema. Los síntomas primarios (a partir de la transmisión por áfidos) corresponden a un leve amarillamiento y curvamiento hacia arriba de los folíolos de las hojas más nuevas o apicales. Los síntomas secundarios (a partir de tubérculos infectados), se inician como un curvamiento de los folíolos de las hojas basales pudiendo comprometer toda la planta. Además, las hojas toman una textura coriácea, de color levemente amarillo, y se necrosan parcialmente. La planta infectada presenta una fuerte reducción en su altura.



Foto 3. Síntomas ocasionados por PLRV. a. Originados a partir de tubérculos infectados (síntomas secundarios), donde se observa curvamiento en los folíolos basales, amarillez, necrosis parcial y menor altura en las dos plantas infectadas (+) respecto a la sana (-). b. Originados a partir de transmisión por pulgones (síntomas primarios) donde se observa curvamiento hacia arriba de los folíolos de las hojas más nuevas o apicales

- **Manejo y/o control**

Se requiere integrar varias estrategias, las que se inician con el empleo de semilla libre de virus o certificada. Dado que no se transmite mecánicamente, gran parte del esfuerzo debe estar dirigido al control de los pulgones. Además, adquiere mucha importancia eliminar plantas sintomáticas, así como plantas voluntarias de papa. Debido a que este virus tiene varias especies hospederas de las familias de las *Solanaceae*, *Brassicaceae* y *Amaranthaceae*, es importante un buen control de malezas como tomatillo, yuyo y moco de pavo.

10.3.1.3 Virus X de la papa (PVX)

- **Sintomatología y características**

Virus de alta distribución mundial en el cultivo de papa. En Chile, además de la papa también se ha detectado afectando tomate y tabaco. Se le conoce también como el **virus del mosaico latente, mosaico leve o mosaico rugoso**. Sin embargo, los síntomas son muy dependientes de la raza del virus, la variedad de papa y de la infección simultánea o co-infección con otros virus. Por lo anterior, el rango de síntomas puede ir desde una completa latencia (asintomático), mosaicos moderados y mosaicos severos con una fuerte rugosidad en la lámina foliar. Se considera que el nivel de pérdidas que ocasiona es usualmente bajo, sin embargo las co-infecciones con otros virus hacen que éstas se incrementen. Las principales especies hospederas son miembros de la familia de las solanáceas, sin embargo también pueden infectar especies pertenecientes a las amarantáceas y quenopodiáceas.

Se transmite mecánicamente a través de contacto entre plantas cuando se friccionan por efecto del viento, maquinaria, animales, entre otros.

- **Manejo y/o control**

El desarrollo de la enfermedad en el campo resulta de una combinación de diferentes fuentes de infección del virus, las que incluyen plantas voluntarias y tubérculos contaminados. Como el virus se transmite por contacto es fundamental reducir o limitar el tráfico de maquinaria. Varias malezas (*Solanáceas, Amarantáceas y Quenopodiáceas*) pueden albergar el virus, por lo que buenas prácticas de control de malezas contribuyen a disminuir el problema.

10.3.1.4 Virus S de la papa (PVS)

- **Sintomatología y características**

En general las plantas infectadas no desarrollan síntomas o si lo hacen éstos son más bien moderados. Se han descritos dos razas de este virus, PVS^O (ordinaria o común) tiene una amplia distribución mundial y PVS^A (Andina) restringida a la zona andina y parte de Norte América. PVS^O generalmente es asintomática en muchos cultivares de papa o causa síntomas foliares leves, caracterizados por rugosidad, hundimiento de nervaduras y bronceado. PVS^A en cambio causa síntomas más severos, los que pueden incluir senescencia prematura y pérdida de hojas, especialmente cuando ocurre infección secundaria. En general las pérdidas productivas que ocasiona son bajas, sin embargo son importantes cuando hay infecciones simultáneas con otros virus.

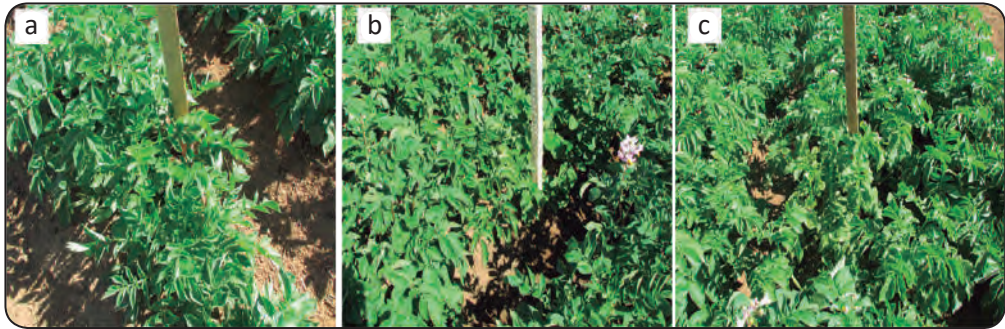


Foto 4. Síntomas resultantes de co-infecciones o infecciones mixtas causadas por dos virus (Fotos a y b: PVY+PVS) y tres virus (Foto c: PVY+ PLRV y PVS)

El PVS se transmite por contacto (implementos agrícolas, contacto planta-planta) y por áfidos de manera no persistente, donde uno de los vectores más frecuentemente mencionado corresponde a *Myzus persicae*. PVY tiene un rango de hospederos más restringido, principalmente especies pertenecientes a la familia de las solanáceas.

- **Manejo y/o control**

Deben emplearse medidas integrales, las que se inician con el empleo de semilla certificada. Por su forma de transmisión por contacto es importante limitar el empleo de maquinaria en campo, acompañado previamente de la eliminación de plantas sintomáticas, voluntarias y malezas. Como también se transmite por pulgones de forma no persistente, los tratamientos insecticidas convencionales no contribuirán a reducir su diseminación.

10.3.1.5 Virus A de la papa (PVA)

- **Sintomatología y características**

Variaciones en los síntomas han sido asociadas a la raza del virus, variedad de papa, condiciones ambientales y al origen de la infección (primaria o secundaria). Rugosidad de folíolos, moteados cloróticos leves y mosaicos son algunos de los síntomas que puede ocasionar. Las infecciones mixtas de PVA con PVX o PVY pueden pronunciar el arrugamiento y la deformación de las hojas. Los síntomas por PVA se observan más fácilmente en condiciones de días fríos y nublados. Se transmite por áfidos de manera no-persistente.

- **Manejo y/o control**

Por su forma de transmisión, las medidas sugeridas para su manejo y control son similares a las descritas para PVY. En países europeos muchas de las variedades de papa disponibles muestran resistencia a este virus.

10.3.1.6 Virus M de la papa (PVM)

- **Sintomatología y características**

Los síntomas varían en intensidad y van desde moderados a severos, los que incluyen moteados, patrones de mosaicos, arrugamiento y enrollamientos de hojas. La raza del virus y la variedad de papa, explican en gran medida esta variación. El PVM es transmitido mecánicamente y por áfidos en forma no-persistente. Posee un estrecho rango de hospederos (solo algunas solanáceas). Se considera que tiene un limitado efecto en el rendimiento.

- **Manejo y/o control**

Se deben integrar varias medidas, las que se inician con el empleo de semilla libre de infección y/o certificada. Se debe limitar el uso de maquinaria en producción de campo particularmente en material pre básico y básico. Producir en ambientes adecuados: sectores aislados con baja presión de infección y eliminando tempranamente plantas sintomáticas y otras fuentes de inóculo (por ejemplo: plantas voluntarias y/o, malezas). Otras medidas complementarias, especialmente en producción de semilla, incluyen: siembra temprana y destrucción de las plantas previo a la madurez para limitar la infección de los tubérculos hijos por vuelos tardíos de pulgones.

10.4 Importancia del diagnóstico en el control preventivo de las virosis

Numerosas enfermedades infecciosas que afectan al cultivo de la papa, como aquellas causadas por hongos y bacterias, se pueden diagnosticar o identificar de manera bastante certera sobre la base de los síntomas (cambios visibles, ej. marchitez, tizón, sarna, entre otros) y signos (parte del agente causal asociado a la lesión, ej. Esporas, esclerocios, micelio, flujo bacteriano, entre otros.), presentes en la planta enferma. Sin embargo, el diagnóstico para las enfermedades causadas por virus resulta mucho más complejo, dado que los síntomas pueden ser extremadamente variables y muchas veces pueden pasar desapercibidos (infecciones latentes o asintomáticas) y, los signos son prácticamente invisibles (las partículas virales son extremadamente pequeñas y se pueden ver solo mediante el empleo de un microscopio electrónico). Entendiendo que la identificación de algunos síntomas producidos por muchos virus (Ej. mosaicos, moteados, enanismos, clorosis, otros), pueden ser en algunos casos una muy buena aproximación en el diagnóstico de una enfermedad viral, en muchos casos es impreciso ya que se puede confundir, aún para personal experimentado, con estrés ambiental (ej. agua, nutricional) y hasta daño por pesticidas o fitotoxicidad. Lo anterior se debe a que los síntomas causados por las enfermedades virales muchas veces pueden ser extremadamente variables, ya que dependen de: virus y raza, mezclas de virus (co-infección o más de un virus presente), tipo de infección (iniciada por pulgones o a partir de tubérculos), susceptibilidad de la variedad y condiciones ambientales.

En producción de papa semilla es fundamental garantizar, entre otros aspectos, que la semilla no sea portadora de virus o que cumpla con las tolerancias permitidas de acuerdo a la normativa vigente de certificación. En consecuencia, es clave disponer de un buen método de diagnóstico, el cual debe idealmente reunir tres requisitos básicos: **sensible** (debe ser capaz de detectar cantidades muy pequeñas del virus aún en presencia de otros agentes infecciosos), **específico** (debe dar un resultado positivo solo para un virus en particular) y **simple** (debe ser capaz de funcionar eficientemente y a un costo razonable como procedimiento de rutina). A través de los años se han desarrollado diversas técnicas en el diagnóstico de virus de plantas.

En Chile así como en muchos países, los métodos serológicos (basados en el empleo de anticuerpos específicos para los diferentes virus, ej. ELISA) siguen siendo empleados para fines de diagnóstico de virosis en papas. Sin embargo, en la actualidad los métodos moleculares o aquellos basados en las propiedades de los ácidos nucleídos virales tales como RT-PCR convencional y qRT-PCR (o RT-PCR en tiempo real), ofrecen ventajas enormes respecto a los serológicos porque logran incrementos significativos en sensibilidad y especificidad, además de su rápida ejecución o cortos tiempos de respuesta (24 h). La sensibilidad es un atributo especialmente requerido cuando los virus están infectando tejido en un bajo título (o baja carga viral), lo que normalmente ocurre en plántulas *in vitro* o en **tubérculos en latencia**.



Figura 3. Método de detección de los virus PVY, PLRV, PVX, PVS, PVA y PVM implementado por el laboratorio de Fitopatología de INIA Carillanca, los cuales son regulados durante el proceso de certificación de semilla de papa en Chile

Cuadro 1. Resumen de algunas características de virus regulados por la norma de certificación en la producción de papa en Chile

| Genero | Virus y razas | Síntomas ¹ | Transmisión ² | Sobrevivencia |
|-------------|---|---|--|---|
| Potyvirus | PVY PVY ^O , PVY ^N , PVY ^{NTN} PVY ^{N:O} | Moteados cloróticos débiles hasta necrosis y muerte de la planta. Anillos necróticos en tubérculos | Áfidos (No persistente) Mecánica* | Tubérculos, otros hospederos y malezas |
| | PVA | Rugosidad de folíolos, moteados cloróticos leves, mosaicos | Áfidos (No persistente) Mecánica ** | Tubérculos |
| Polerovirus | PLRV Varias razas | Primarios: amarillamiento leve y curvamiento de los folíolos de las hojas nuevas. Secundarios: curvamiento de folíolos de las hojas basales pudiendo comprometer toda la planta. Amarillamiento, necrosis, enanismo | Áfidos (Persistente) | Tubérculos, plantas voluntarias y algunas malezas |
| Potexvirus | PVX Numerosas razas (Se ubican en 4 grupos) | Mosaico, clorosis venal, menor desarrollo y rugosidad en la lámina foliar. Lesiones necróticas en tubérculos | Mecánica (Contacto foliar y radical entre plantas enfermas y sanas) | Tubérculos, otros hospederos y malezas |
| Carlavirus | PVS PVS ^A , PVS ^O | Senescencia prematura y pérdida de hoja (PVS ^A) | Mecánica Áfidos (solo algunas razas del virus-no persistente) | Tubérculos |
| | PVM Varias razas | Moteados, patrones de mosaicos, arrugamiento y enrollamientos de hojas | Mecánica Áfidos (No persistente) | Tubérculos |

¹: Se indican algunos de los más característicos, sin embargo, éstos pueden ser muy variados porque su expresión es dependiente de varios factores; ²: Movimiento del virus desde una planta enferma a una sana; *: Transmisión mecánica también ocurre, sin embargo, lejos es menos importante que por áfidos; **: Transmisión mecánica experimental.

Literatura consultada

Fernández, C. 1982. Los virus en el cultivo de la papa. IPA La Platina N° 14.p:23-25.

Karasev AV, Gray SM. 2013. Continuous and emerging challenges of Potato virus Y in potato. Annual Rev Phytopathology 51:571-86

Verchot-Lubicz, J., Charkowski, A., Halterman, D.A. 2012. Potato, viruses, and seed certification in the USA to provide healthy propagated tubers. Pest Technology. 6(1):1-14.

Hooker, W.J. 1980. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society. St. Paul. MN. USA. 125 p.

L.F. Salazar. 2003. Potato viruses after The XXth Century: effects, dissemination and their control. Seminar transcript. CIP Perú.

Thomas-Sharma S, *et al.*, 2016. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. Plant Pathology 65:33-16



11. Insectos Asociados al Cultivo de Papa con Especial Énfasis en Áfidos

Patricia D. Navarro
Ing. Agrónomo Ph.D
INIA Carillanca
Ivette Acuña
Ing. Agrónomo Ph.D.
INIA Remehue



Este capítulo tiene por objetivo presentar las principales plagas e insectos asociados al cultivo de papa en el sur de Chile, los que han sido observados produciendo daño económico en el cultivo en los últimos cinco años. Se dio especial énfasis a los áfidos, debido a su importancia como vector de virus que afecta directamente la producción de semilla de papa certificada.

11.1 Orden: Díptera

11.1.1 Mosca minadora, *Liriomyza* spp. (Mik, 1894).

(Familia: Agromyzidae).

Mosca pequeña de origen neotropical, cuya larva se alimenta del tejido interno de la hoja formando minas o galerías (Foto 1a). La hembra deposita sus huevos al interior de la hoja perforándola con el ovipositor. El huevo eclosiona como larva de primer estadio (Foto 1b), la que se alimenta del tejido interno de la hoja (parénquima) formando una mina. Con el paso del tiempo las minas se van uniendo unas con otras formando una gran mancha café, la que finalmente se seca y causa la muerte de la hoja.

Estas moscas (Foto 1c) son altamente polífagas, atacando principalmente a hortalizas. Existen más de 300 especies de *Liriomyza* reportadas en el mundo, cuyo adulto mide entre 1-3 mm de longitud, con frente negra y manchas amarillas en el cuerpo (Foto 1c) en la mayoría de las especies. En general *Liriomyza* posee tres estadios larvarios, siendo el último en el que se prepara para pupar (Parrella y Benthke, 1984). Su ciclo se completa entre 25-45 días, pudiendo presentar 3 a 4 generaciones por año dependiendo de la temperatura. Muchas veces esta pequeña mosca es confundida con áfidos (adultos alados), sin embargo, al sacudir la planta de papa *Liriomyza* vuela rápidamente y los áfidos no.

En cultivo de papa, las galerías de esta mosca comienzan a aparecer como delgadas líneas irregulares de color café-amarillento sobre la hoja a mediados de enero en la Región de La Araucanía, siendo dos a tres semanas más tarde bastante obvias y de color café oscuro, ya que se encuentran unidas unas con otras. El daño causado por la sumatoria de minas sobre la hoja puede afectar significativamente la fotosíntesis de la planta, en desmedro del rendimiento final del cultivo. No existen estudios en Chile que determinen la pérdida de rendimiento por daño de *Liriomyza* en el área foliar.



Foto 1. Mosca minadora *Liriomyza* spp., a) Galerías en hojas, b) Larva extraída desde el interior de la mina, c) Mosca adulta

Fuente: Alcázar (2015), Kaspar y Barreto (2017)

Actualmente, dentro de las moléculas disponibles y autorizadas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de *Liriomyza*, se encuentran los grupos químicos melaminas, melamina (1, 3, 5 triazin-2, 4, 6-triaminas) y triazinas, con modos de acción por contacto, sistémicos e ingestión (SAG, 2018).

11.2 Orden: Coleóptera

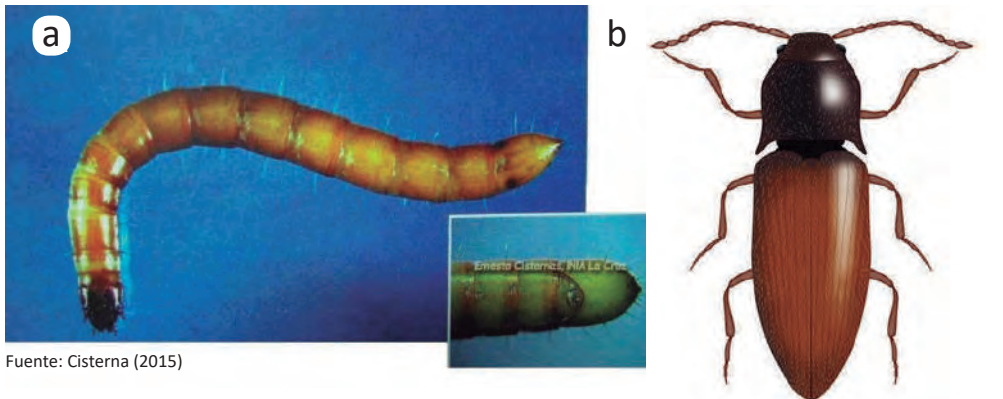
11.2.1 Gusano alambre

Complejo *Grammophorus minor* (Schwarz, 1904), *Grammophorus niger* (Solier, 1851), *Medonia deromecoides* (Schwarz, 1906).

(Familia: Elateridae).

En la naturaleza existen varias especies de gusanos alambre que afectan raíces o estructuras suculentas de la planta bajo el suelo. Las larvas se caracterizan por presentar un cuerpo duro, fino, cilíndrico y brillante, que va desde un color amarillento a café, diferenciándose entre una especie y otra por la ornamentación del último segmento abdominal (Foto. 2a). Los adultos son escarabajos (Foto. 2b) de cuerpo alargado y colores que van desde gris a negro, con una unión suelta y flexible entre el tórax y el abdomen.

Si bien existen varias especies de gusano alambre a nivel mundial, su ciclo de vida es bastante similar entre ellos, el que puede llegar a durar cinco años ya que poseen período larval largo. Las hembras oviponen los huevos entre primavera e inicios de verano en el suelo y cerca de las raíces de la planta. Desde el huevo eclosionan larvas de primer estadio que se alimentan de las raíces nuevas, ingresan a la raíz principal y forman galerías (Foto 2c). Estadios larvales más avanzados se alimentan del tubérculo formando galerías que lo cruzan desde un lado a otro (Foto 2d).



Fuente: Cisterna (2015)

Fuente: www.argenpapa.cl

Foto 2. Gusano alambre a) Acercamiento de la terminación abdominal de la larva; b) Escarabajo adulto; c) Larva formando galerías en la raíz; d) Larva ingresando a tubérculo de papa

En el sur de Chile las especies que forman el complejo de gusanos alambre corresponden a especies endémicas reportadas entre las regiones de Coquimbo a La Araucanía en el caso de *G. minor*, entre las regiones de Coquimbo a la de Aysén del General Carlos Ibáñez del campo para *G. niger*, y entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos para *M. deromecoides* (Castro y Contreras, 2011). En general poco se conoce respecto al ciclo biológico y la descripción de estas especies endémicas, pero se sabe que los adultos se encuentran activos entre primavera-verano, refugiándose bajo hojas secas en otoño. Los principales daños en el sur de Chile se han reportado en situaciones donde se establece el cultivo de papa después de pradera, coincidiendo con una mayor cantidad de larvas encontradas (Méndez *et al.*, 2009).

En la Región de Los Lagos se determinó que las larvas de *M. deromecoides* se mueven desde la profundidad del suelo hacia la superficie entre los meses de julio a septiembre. Luego, a medida que aumenta la temperatura se entierran nuevamente hasta unos 10 cm de profundidad donde permanecen hasta marzo (Cisterna, 1989). Sin embargo, en la Región del Biobío los daños causados por el gusano alambre en cultivo de papa son mayores que en regiones ubicadas más al sur, debido a la presencia de suelos más secos y mayores temperaturas. En suelos más secos, las larvas suben hacia la superficie en busca de humedad y alimento, permaneciendo superficialmente una ventana de tiempo más amplia.

11.2.2 Gusano blanco

Hylamorpha elegans (Burmeister, 1844).

(Familia: Scarabaeidae).

El gusano blanco, cuyo adulto es conocido como pololo verde (Foto 3a), es una especie endémica cuya larva (Foto 3b) es habitante común de los suelos y praderas del sur de Chile. Se encuentra distribuida entre las regiones del Biobío y La Araucanía, alimentándose de las raíces de una serie de cultivos anuales, incluyendo papa. Dichas larvas son de color blanco, aunque normalmente se observan de color café oscuro a gris en la parte posterior de su abdomen (Foto 3b), poseen cuerpo encorvado (escarabeiforme), cabeza y patas de color café oscuro (quitinizadas).

Esta especie posee reproducción sexual, presentando su período de cópula entre noviembre y diciembre. Luego la hembra deposita sus huevos a 3 cm de profundidad. En febrero eclosiona el primer estadio larval, el cual se alimenta de los tubérculos en formación. Las larvas permanecen en el suelo hasta octubre, momento donde se desarrolla la pupa, observándose una generación por año. Estas larvas producen orificios irregulares y profundos en el tubérculo (Foto 3c y 3d-derecha), causando significativos daños estéticos que afectan negativamente la apariencia de los tubérculos. En La Araucanía, uno de los principales daños es observado en cultivos precedidos por praderas u otros de susceptibles a gusano blanco. En praderas se han reportado hasta 25 larvas/m² (Olalquiaga, 1955) con densidades de 300 larvas/m² en períodos de ataque muy severo (Norambuena y Aguilera, 1988).

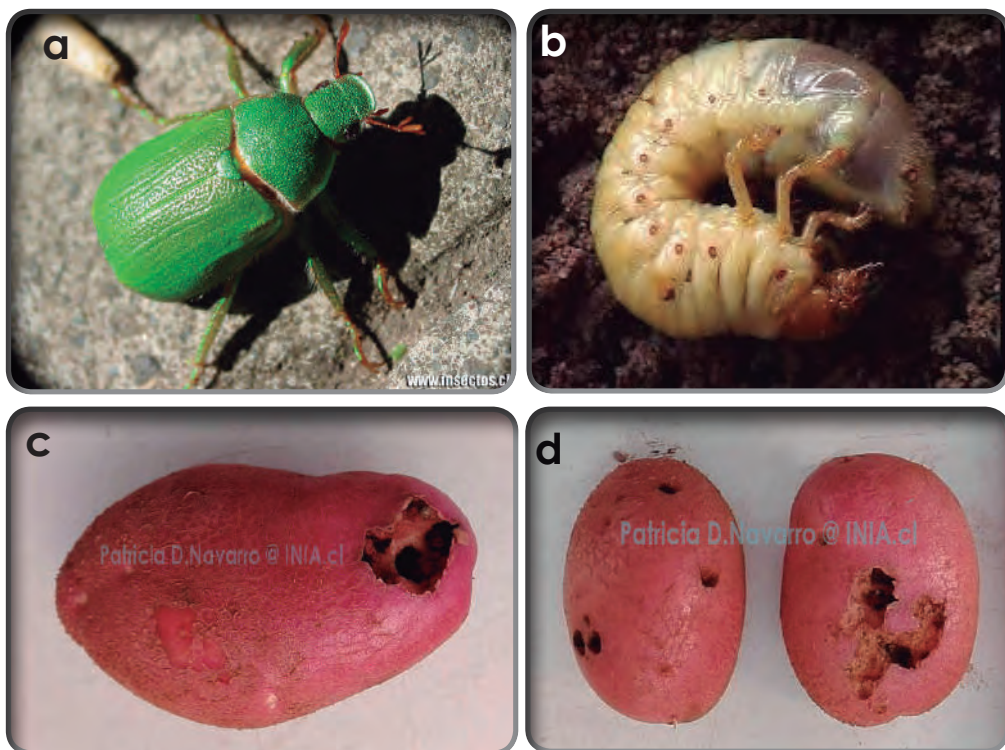


Foto 3. Gusano blanco *Hylamorpha elegans* a) Escarabajo adulto, conocido comúnmente como pololo verde; b) Larva escarabeiforme; c) Daño en tubérculo por *H. elegans*; d) Comparación entre daño causado por gusano alambre (tubérculo de la izquierda) y por *H. Elegans* (tubérculo de la derecha)

11.2.3 Larvas de burrito

Aegorhinus superciliosus (Guérin-Ménéville, 1830), *Aegorhinus nodipennis* (Hope, 1834).

(Familia: Scarabaeidae).

Las larvas de burrito forman parte del grupo conocido como gusanos del suelo, pero se diferencian de otras, ya que no poseen patas (ápodos) (Foto 4a). En el sur de Chile se encuentran localizadas en el perfil del suelo a más de 10 cm de profundidad, alimentándose de raíces. Las especies más abundantes corresponden a *A. superciliosus*, *A. nodipennis* y *Otiorrhynchus sulcatus*, en las regiones de La Araucanía, Los Lagos y Aysén, siendo las dos primeras endémicas de nuestro país. Son especies altamente polípagas, de difícil control ya que las larvas se encuentran muy profundas en el suelo donde los tratamientos químicos convencionales no pueden llegar.

Los adultos son llamados comúnmente burritos, caballitos o capachitos, poseen élitros oscuros y duros y un rostrum alargado. Durante el día se encuentran rodeando el cuello de la planta y semi-enterrados, emergiendo temprano en la noche y al atardecer a comer ramas y ramillas en la parte aérea de la planta.

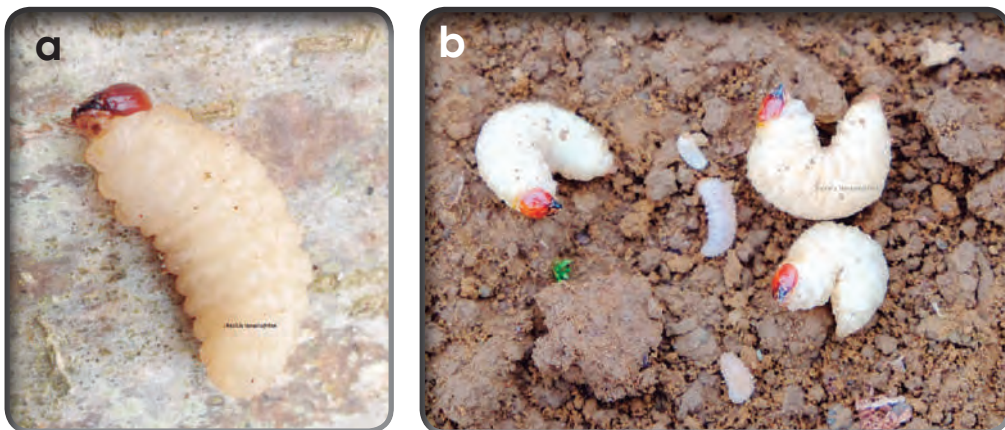


Foto 4. Larvas de burrito a) Larva ápoda (sin patas); b) Grupo de larvas de burrito

En cultivo de papa el mayor daño lo producen las larvas al alimentarse de las raíces, raicillas de plantas nuevas y tubérculos en formación, permaneciendo en el suelo entre 8 a 10 meses. Larvas de estadios más avanzados, se alimentan de tubérculos formando orificios irregulares y galerías, dando paso al ingreso de enfermedades secundarias causadas por hongos y bacterias.

11.2.4 Pilme de la papa

Epicauta pilme (Molina, 1782).

(Familia: Meloidae)

Existen más de 360 especies de *Epicauta* descritas en el mundo, donde la mayoría de los países tienen sus propias especies nativas. En general, el ciclo de vida del género *Epicauta* es complejo, ya que poseen hipermetamorfosis, donde los estadios inmaduros (larvas) se diferencian marcadamente uno de otro. En Chile, la especie endémica corresponde a *Epicauta pilme*, reportada desde la Región de Tarapacá a la Región de Los Lagos (Lantschner, 2017), siendo particularmente abundante en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.

El adulto es altamente polífago, reportándose como potenciales hospederos, además de papa, en habas, porotos, alcachofa, trébol, alfalfa, tomate, ají y betarraga (Oliver Schneider, 1926). El estado adulto (Foto 5a) es el que causa el daño principal, ya que

se alimenta de hojas (Foto 5b y 5c) dejando la nervadura central de la hoja visible (Foto 5d). Por esta razón es considerado un insecto altamente defoliador. El adulto es de color negro, cuerpo delgado y alargado (14 mm), con líneas anaranjadas en las patas y antenas simples (Foto 5a). Sobre su cuerpo posee una sustancia aceitosa conocida como cantaridina, la que puede producir irritación.

Los huevos son de forma alargada, color amarillento y ovipositados en el suelo en grupos de 60-80 (Durán, 1986) a 10 cm de profundidad. Las larvas que eclosionan del huevo se caracterizan por presentar diferente morfología entre un estadio y otro, y a diferencia de otras plagas que afectan el cultivo de papa, éstas no causan el daño a la planta. Las larvas recién emergidas son muy activas y poseen tres uñas, por lo cual se conocen comúnmente como triangulinas, las que se alimentan de huevos de acrílicos (por ejemplo, saltamontes) (Figura 1).

Respecto a su biología y ciclo de vida, en La Araucanía se observan los primeros ejemplares a partir de fines de noviembre, los cuales copulan en diciembre con oviposición en enero. Los huevos son incubados por un período de 25 a 30 días, ocurriendo la eclosión de las larvas entre febrero y abril (Durán, 1986).

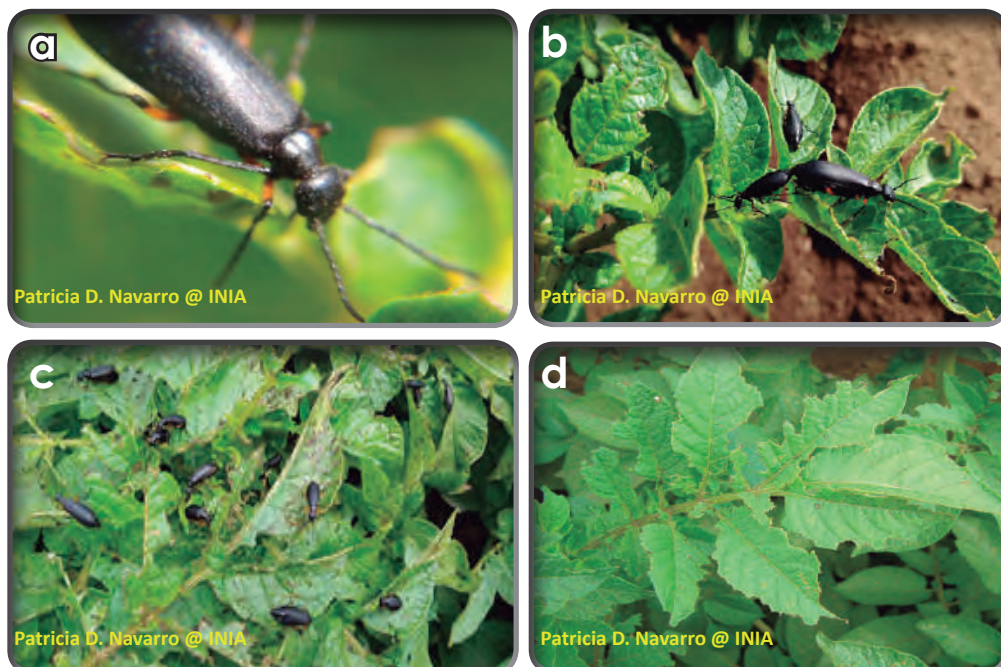


Foto 5. Pilme de la papa, *Epicauta pilme*. a) Estado adulto en el cual se observan líneas de color naranja en sus patas; b) Adultos comenzando ataque en una planta; c) Planta atacada por pilmes después de 12 horas; d) Pilmes comienzan a alimentarse desde el borde de la hoja dejando solo la nervadura central (24 horas después de comenzado el ataque)

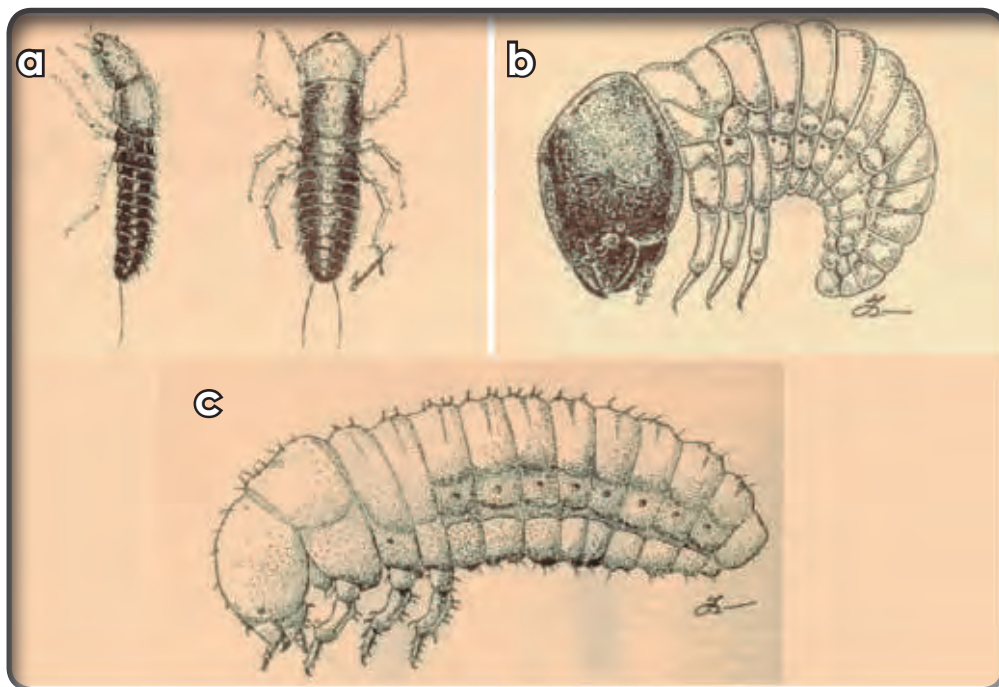


Figura 6. Estadios larvales del pilme de la papa a) Larva triangulina vista lateral (izquierda) y dorsal (derecha); b) Larva caraboide (vista lateral); c) Larva escaraboide (vista lateral)
 Fuente: Extraído de Durán (1986).

Como medida de control químico, en el mercado existen productos basados en los ingredientes activos gamma cihalotrina, alfa-cipermetrina, lambda-cihalotrina+tiametoxam, entre otros recomendados y autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el control de *E. pilme*.

11.3 Orden: Lepidóptera

11.3.1 Cuncunillas

Copitarsia sp., Spodoptera frugiperda (Smith, 1797).

(Familia: Noctuidae).

De todas las especies de cuncunillas que atacan el cultivo de papa, *Copitarsia sp.* (Foto 7a y 7b) ha sido una de las especies más abundantes en el sur de Chile. Comúnmente conocida como cuncunilla de las hortalizas, *Copitarsia* se encuentra ampliamente distribuida en Chile, con reportes desde regiones de Tarapacá a Los Lagos, observándose gran polifágia entre las poblaciones observadas. Las condiciones

del sur de Chile son favorables para el desarrollo de *Copitarsia* con temperaturas de 20 °C y 75% de hr.

El estado adulto de la cuncunilla de las hortalizas corresponde a una mariposa nocturna y robusta (Foto 7a), pudiendo alcanzar 4 cm de largo. Las hembras depositan huevos individuales sobre la hoja desde donde eclosiona la larva. Ésta presenta diversas tonalidades incluyendo colores verdes, grises, café y amarillentos, las que pueden confundirse con larvas de *Helicoverpa zea* (cuncunilla del choclo). El estadio larval (Foto 7b) es el que causa daño en el cultivo de papa, ya que se alimentan de las hojas y tallos afectando la fotosíntesis de la planta. La larva de *Copitarsia* no presenta intolerancia a la luz, por lo que se encuentran activas comiendo durante el día.

La especie *S. frugiperda* (Foto 7c) es conocida comúnmente como gusano cogollero, debido al daño que causa la larva (Foto 7d) en el cuello de la planta. Esto ocurre, ya que la hembra (polilla adulta) deposita los huevos cerca de la base de plantas nuevas, del huevo emergen larvas las cuales se alimentan del tejido nuevo de la planta debilitándola hasta romper el cuello.

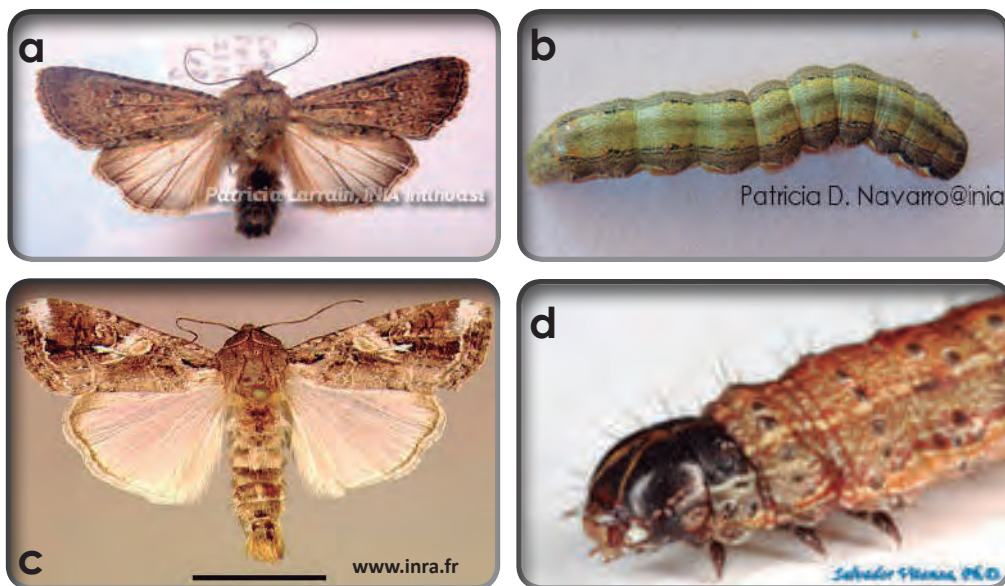


Foto 7. Cuncunillas que afectan el cultivo de papa. a) *Copitarsia* sp., estado adulto (mariposa nocturna); b) Larva de la especie *Copitarsia* sp.; c) *Spodoptera frugiperda* estado adulto (mariposa nocturna); d) Larva de la especie *S. frugiperda*

11.3.2 Cuncunilla negra

Dalaca chilensis (Viette, 1950), *Dalaca pallens* (Blanchard, 1854).

(Familia:Hepialidae).

El complejo de cuncunillas negras está compuesto por 10 especies que se encuentran distribuidas entre las regiones de La Araucanía y Los Lagos, infestando praderas en el sur de Chile. Sin embargo, de estas 10 especies solo *D. chilensis* y *D. pallens* constituyen plagas de importancia económica en praderas. En el caso de *D. pallens*, esta se encuentra distribuida desde la Región de Coquimbo a la Región de Aysén (Artigas, 1994). Las mayores infestaciones producidas por *D. Chilensis* y *D. pallens* se encuentran entre La Araucanía y Los Lagos, incluyendo Malleco, Cautín, Llanquihue, Osorno y Valdivia (Schmidt y Robinson, 1983).

Las larvas de la especie *D. pallens* forman túneles en el suelo entre 10-15 cm de profundidad (Isla, 1959). Son larvas de hábito nocturno que se alimentan del área foliar, atacando principalmente el cuello y brotes tiernos que emergen desde la parte baja de la planta (Gajardo, 1964). Las cuncunillas negras son especies polífagas cuyos hospederos principales son trébol rosado, pasto ovilla y ballica inglesa, afectando también a cultivos como papa, trigo (Artigas 1994) y cereales en general. El período larval ocurre en un período de 28-32 días, y luego las larvas comienzan a pupar. Se ha reportado como umbral de daño económico una cantidad de 70 larvas/m² (Caballero, 1955).

Los adultos corresponden a una mariposa nocturna o polilla (Foto 8), las que aparecen entre los meses de enero a abril, observándose vuelo crepuscular y nocturno desde comienzo de enero hasta marzo (Gajardo, 1964). En los adultos, el macho se diferencia de la hembra ya que la hembra posee alas de color café oscuro y el macho de color café amarillento. El cuerpo del adulto es robusto aunque la hembra es más grande que el macho. Las hembras pueden poner hasta 2 mil huevos, que son liberados durante el vuelo sobre la superficie del suelo (Ihl, 1947).

En relación al daño causado por cuncunillas negras al cultivo de papa, no existen reportes con datos cuantificados, aunque es conocido que afectan el cultivo durante el período de formación del tubérculo y, por lo tanto, es un tema pendiente de estudiar.



Foto 8. Cuncunilla negra *Dallaca chilensis*, estado adulto (mariposa nocturna)

11.4 Orden: Hemíptera

Familia: Aphidoidea

Durante la última década ha existido una escasa oferta de semilla de papa certificada en nuestro país, siendo la alta presencia de virosis una de las principales causas. Algunos de estos virus son vectorizados por áfidos, cuyo control no siempre es exitoso, y si bien existe una batería de productos químicos disponible en el mercado para su manejo, éstos pueden ser poco eficientes en el control del complejo áfido-virus.

Por tal razón, se ha dado un especial énfasis en este capítulo a aquellos áfidos que vectorizan virus y que son de importancia económica en el cultivo de papa en el sur de Chile. A continuación se presentan los primeros resultados obtenidos respecto a las especies de áfidos asociados al cultivo de papa en las regiones de La Araucanía y Los Lagos y los virus que estos áfidos transmiten.

11.4.1 Áfidos vectores presentes en el sur de Chile

11.4.2 Temporada 2013-14

En Chile, a través del proyecto “Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de la papa en la zona sur”, financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), y ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA-Remehue, junto a la Pontificia Universidad Católica de Chile y el Laboratorio Regional Osorno del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en 2011, se determinaron las principales especies de áfidos asociados al cultivo de papa y los virus que transmiten.

Para la determinación de áfidos presentes, se colectaron muestras de pulgones en trampa Möericke ubicadas en cultivo de papa (en el centro y en el borde del cultivo), y en Estaciones Meteorológicas (EMAs). En ambos casos las muestras fueron montadas y fijadas en un porta-objeto para identificación y cuantificación por especie.

A partir de las muestras obtenidas se identificaron los géneros *Brevicoryne*, *Myzus*, *Macrosiphum*, *Aulacorthum* y *Brachycaudus* como las principales asociadas al cultivo, y cuyas especies se presentan en el cuadro 1. No se observó mayor diversidad durante las temporadas 2013-14, sin embargo se obtuvo mayor captura de pulgones en Remehue (Osorno) y Tranapunte (Carahue), en comparación con las bajas cantidades capturadas en la localidad de Tara (Chiloé). Por otra parte, se determinó también que trampas ubicadas en el centro del cultivo, capturaron mayor cantidad de áfidos que aquellas del borde, tanto en Remehue como en Tranapunte, siendo las principales especies identificadas en ambas localidades *B. brassicae*, *M. persicae* (Foto 9a y 10a) y *M. euphorbiae* (Foto 9b y 10b).

Cuadro 1. Especies de áfidos colectados en trampa Möericke localizadas en cultivo de papa en el sur de Chile

| Nombre común | Nombre científico |
|----------------------------|--------------------------------|
| Pulgón de las crucíferas | <i>Brevicoryne brassicae</i> |
| Pulgón verde del duraznero | <i>Myzus persicae</i> |
| Pulgón de la papa | <i>Macrosiphum euphorbiae</i> |
| Pulgón de las solanáceas | <i>Aulacorthum solani</i> |
| Pulgón verde del ciruelo | <i>Brachycaudus helichrysi</i> |

Fuente: Rojas, E y Cisternas, E. (2011). EN: Acuña *et al.*, 2011: Proyecto “Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de la papa en la zona sur”.

También es importante mencionar que en INIA Remehue las capturas de pulgones fueron mayor en la temporada 2013-14 respecto a la temporada anterior, observándose para ese año una dominancia de las especies *M. persicae* (52%) seguido por *B. brassicae* (47%). En Tranapunte sin embargo, las capturas fueron similares en ambas temporadas sin mayores diferencias entre las capturas del centro y borde del cultivo.

Los resultados obtenidos desde las trampas ubicadas en EMAs, indicaron la presencia de ocho especies que resultaron comunes en las tres localidades en estudio (*B. brassicae*, *M. persicae*, *M. euphorbiae*, *Brachycaudus helichrysi*, *Aphis fabae*, *Capitophorus eleagni* *Aphis craccivora* y *Aphis* sp.) para un total de 41 especies encontradas en trampa Möericke entre los años 2013 y 2014 (Rojas y Cisternas, 2011).

A través del mismo proyecto se determinó también que la mayor abundancia de áfidos (especies en general), se encuentra presente entre los meses de septiembre a mayo en las zonas de estudio. El detalle de peaks de áfidos para cada localidad evaluada se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Período (rango de semanas) de actividad de vuelo de áfidos (peaks) colectados en Estaciones Meteorológicas en el sur de Chile en el 2012

| Especie | Remehue Los Lagos | Tranapunte La Araucanía | Tara Chiloé |
|--------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------|
| <i>Myzus persicae</i> | 43-21 | 52-21 | 4-8 |
| <i>Macrosiphum euphorbiae</i> | 45-15 | 52-21 | 49-5 |
| <i>Brachycaudus helichrysi</i> | 47-21 | 52-16 | 48-9 |
| <i>Aulacorthum solani</i> | 40-5 | -- | -- |
| <i>Aphis craccivora</i> | 46-20 | 20-21 | 2-5 |
| Captura total | 36-21 | 52-22 | 47-8 |

Fuente: Rojas, E y Cisternas, E (2011). EN: Acuña *et al.*, 2011: Proyecto “Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de la papa en la zona sur”.

Finalmente, a partir de las observaciones realizadas directamente sobre hojas del cultivo en colonias de áfidos establecidas se determinó que las principales especies de áfidos colonizadoras en cultivo de papa en el sur de Chile corresponde a *B. brassicae* (pulgón de las crucíferas); *M. persicae* (pulgón verde del duraznero); *M. euphorbiae* (pulgón de la papa); *A. solani* (pulgón de las solanáceas); *B. helichrysi* (pulgón verde del ciruelo) y *T. trifolii* (pulgón manchado del trébol).

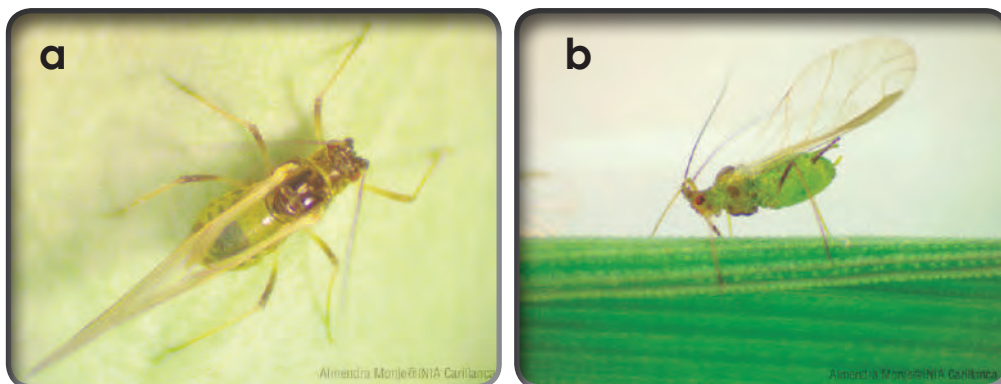


Foto 9. Áfidos o pulgones presentes en cultivo de papa a) Pulgón verde del duraznero *M. persicae*, adulto alado; b) Pulgón de la papa *M. euphorbiae*, adulto alado

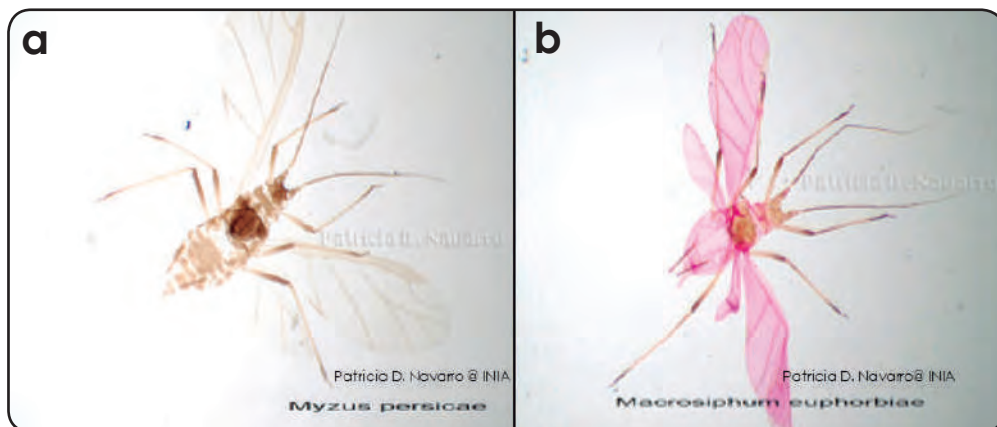


Foto 10. Áfidos o pulgones montados en porta-objeto para identificación a) Pulgón verde del duraznero *M. persicae*, adulto alado; b) Pulgón de la papa *M. euphorbiae*, adulto alado

11.4.3 Temporada 2015-16

Durante la temporada 2015-16 se muestrearon áfidos a través de trampas Möericke en las localidades de Remehue (Región de Los Lagos) y Carillanca (Región de La Araucanía). Los resultados que se presentan a continuación, corresponden a trampas ubicadas al interior de cultivo de papa. Las muestras fueron identificadas y categorizadas de acuerdo a lo indicado anteriormente para la temporada 2013-14.

El principal énfasis de este muestreo fue identificar la abundancia de la especie *M. persicae* en ambas localidades. *M. persicae* es reconocido mundialmente como el vector más eficiente en dispersión del virus Y de la papa, conocido por su acrónimo PVY.

Durante la temporada 2015-16, la especie *M. persicae* fue la más abundante en muestras colectadas en la localidad de Remehue (Gráfico 1a), con porcentajes de presencia mayores al 50% entre enero y marzo de 2016 (Gráfico 1b).

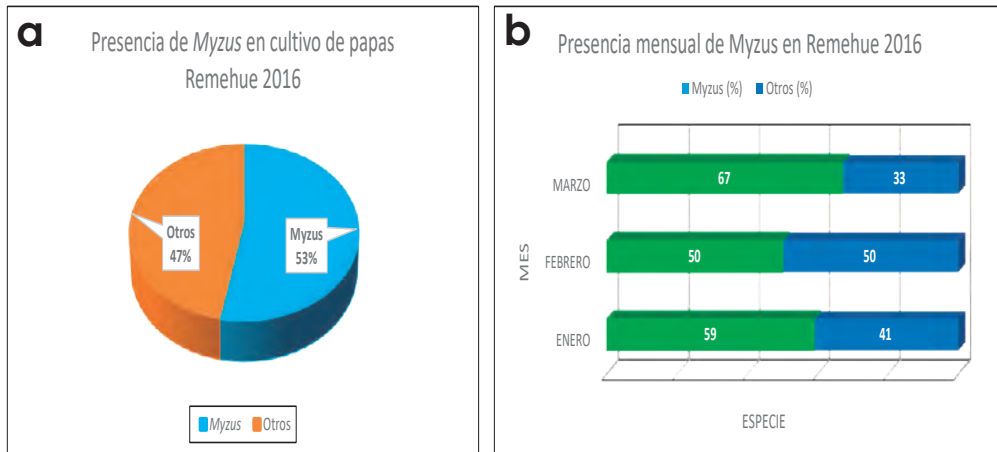


Gráfico 1. Presencia de *M. persicae* en trampa Möericke a) *M. persicae* versus otras especies; b) Distribución entre enero y marzo de 2016

La alta presencia de una especie tan eficiente en la transmisión de virus de importancia económica en el cultivo de papa, y sobre todo en el proceso de producción de semilla certificada, justifica el uso de curvas de vuelo para preparar una estrategia de control. especie determinada.

La elaboración de curvas de vuelo para ésta y otras especies de áfidos asociadas al cultivo de papa, y que transmiten virus de importancia económica para el cultivo, están siendo desarrolladas tanto para Los Lagos como para La Araucanía.

11.4.4 Áfidos vectores y transmisión de virus

Existen diferentes mecanismos por los cuales los virus pueden ser diseminados. Éstos incluyen: tubérculos semillas infectados, contacto directo entre plantas sanas y enfermas, uso de herramientas contaminadas y vectores como insectos, nemátodos y hongos.

Dentro del grupo de los vectores que transmiten virus en cultivo de papa, los áfidos son los más importantes dada su amplia distribución, alta tasa reproductiva y aparato bucal especializado, el que corresponde a un estilete que les permite transmitir las partículas virales en forma directa a la planta.

La transmisión de virus por áfidos en el cultivo de papa puede ocurrir de dos formas:

1) Transmisión no persistente. En este caso los virus son adquiridos por el áfido en un breve período de tiempo, donde el insecto va probando los tejidos epidérmicos de las plantas infectadas (Figura 2a) y lo va transmitiendo a plantas sanas. Las partes bucales del áfido son contaminadas en un par de segundos ya que adquieren partículas virales, permaneciendo virulíferos (infectivos) durante un período menor a 2 horas, y por ende, el virus puede ser transportado a cortas distancias. Este tipo de transmisión ocurre con el Potato Virus Y (conocido por sus siglas en inglés como PVY), el cual causa una de las mayores pérdidas de rendimiento en el cultivo.

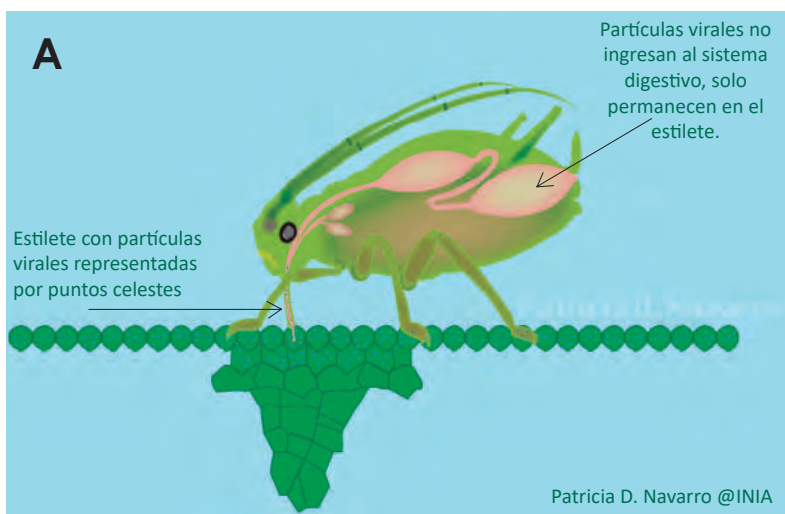


Figura 2. Tipos de transmisión por áfidos (a) no persistente

Adaptada de Ng y Falk (2006).

2) Transmisión persistente. Los virus que son transmitidos de manera persistente se localizan en el floema de la planta (Figura 2b), desde donde son adquiridos directamente por el áfido. El proceso de adquisición del virus puede durar entre 20-30 minutos, y una vez que éste ingresa al cuerpo del áfido (Figura 2b) permanece en estado de latencia o incubación por varias horas. Posteriormente, el áfido vector se transforma en virulífero o infeccioso. El virus persistente permanece al interior del cuerpo del áfido durante toda su vida, y puede ser transportado por largas distancias. Un ejemplo de este tipo de transmisión es el virus del enrollamiento de la hoja, conocido comúnmente por sus siglas en inglés como PLRV (Potato Leafroll virus).

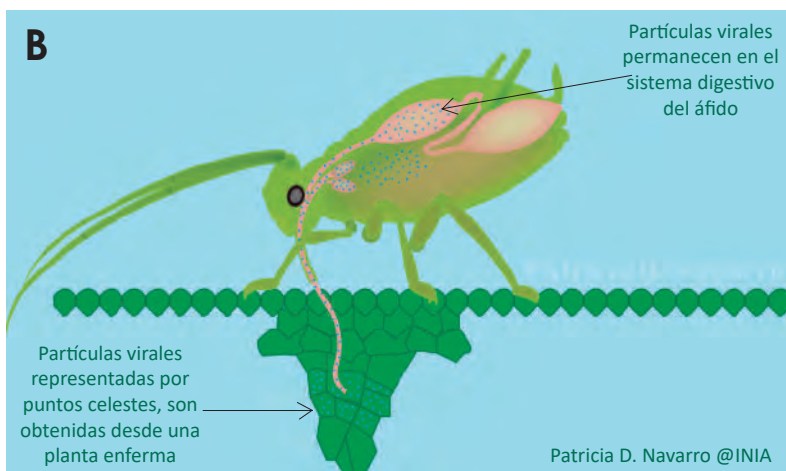


Figura 2. Tipos de transmisión por áfidos (B) persistente

Adaptada de Ng y Falk (2006).

11.4.5 Virus transmitidos por áfidos en cultivo de papa en el sur de Chile

En Chile y a través del proyecto FIA antes mencionado, se determinó una alta presencia de virus de gran importancia productiva como PVY y PLRV (Cuadro 3). Estos resultados fueron obtenidos a través de un muestreo de tubérculos de las tres localidades en estudio. Para esto se analizaron 96 muestras provenientes de la Región de los Ríos, 241 de la Región de Los Lagos y 99 de la Región de La Araucanía, totalizando 436 muestras. De éstas, un 71% resultó positiva a uno o más virus.

Cuadro 3. Incidencia de los virus PVX, PVY, PVS, PLRV Y TSWV en muestras de tubérculos de papa encontrados en predios de la Región de Los Lagos, Los Ríos y La Araucanía, temporada 2011-12

| Región | Total muestras | Total muestras positivas a virus | Número de muestras positivas | | | | |
|-----------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------|-------------|-----------|-------------|----------|
| | | | PLRV | PVS | PVX | PVY | TSWV |
| Los Lagos | 241 | 149 | 48 | 134 | 61 | 50 | 0 |
| Los Ríos | 96 | 78 | 46 | 78 | 20 | 10 | 0 |
| La Araucanía | 99 | 83 | 31 | 75 | 10 | 29 | 0 |
| TOTAL | 436 | 310 | 125 | 287 | 91 | 89 | 0 |
| Frecuencia (%) | | | 28,8 | 66,1 | 21 | 20,5 | 0 |

Fuente: Acuña *et al.*, 2014

Respecto al virus PVY, los resultados indicaron que este virus se encuentra más circunscrito a la región intermedia del territorio continental, mientras que en la Isla de Chiloé solo se detectó en la comuna de Curaco. Para este virus no persistente es importante mencionar que los áfidos vectores permanecen virulíferos por un corto periodo de tiempo (Figura 2a) después de la adquisición del virus, perdiendo su capacidad de transmitirlo después de la muda. En el caso del virus PLRV los resultados indicaron que este virus se encuentra diseminado en las tres regiones evaluadas. El PLRV posee una sintomatología evidente en campo, lo cual facilita la eliminación de plantas infectadas. Áfidos vectorizando PLRV transportan el virus durante toda su vida lo que facilita su diseminación, por lo tanto, el control químico para este tipo de complejo-áfido-virus es más eficiente.

11.4.6 Principales virus transmitidos por áfidos en el sur de Chile

11.4.6.1 Virus Y de la papa o PVY

Síntomas: la severidad de los síntomas causados por virus en el follaje de papa, difiere ampliamente en relación a la variedad o cultivar del cual se trate. Éstos van desde una sintomatología muy suave hasta una necrosis severa y muerte de las plantas afectadas. En las últimas décadas se han realizado estudios a nivel mundial, y también en Chile, donde se ha determinado que existen diversas variantes del virus Y de la papa.

En base a los diferentes síntomas que causa este virus en papa, se han identificado varias razas de PVY. Así por ejemplo PVY^O es la raza común y 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. El PVY^C causa estriado puntiforme y el PVY^N, que es la raza necrótica y en general causa síntomas leves en el follaje, pudiendo causar necrosis en variedades susceptibles. Por otra parte, infecciones causadas por la mezcla de la raza común y la raza necrótica son frecuentes, en cuyo caso los genomas pueden intercambiar material genético originándose razas híbridas como PVY^{N:O} y PVY^{NTN} (Acuña y Tejada, 2014; Acuña *et al.*, 2015). A través del proyecto FIA antes mencionado, se confirmó la presencia de una amplia gama de razas de PVY en el sur de Chile (Gráfico 2), predominando las razas necróticas, lo cual conlleva un nuevo desafío en el manejo de esta enfermedad (Acuña *et al.*, 2014).

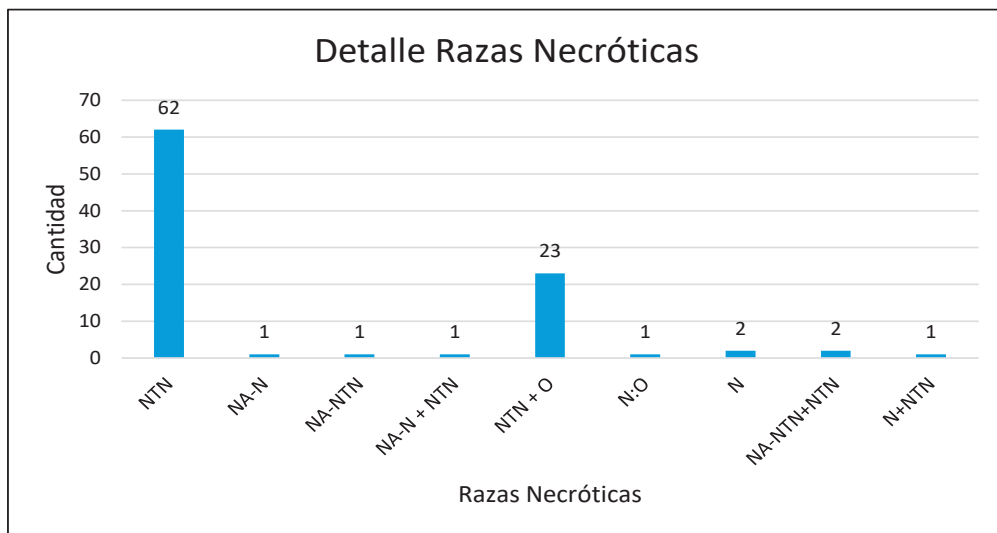


Gráfico 2. Detalle de las razas necróticas de PVY encontradas en las muestras de papa colectadas en las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos

Fuente: Acuña *et al.*, 2014.

Epidemiología: la diseminación de PVY depende principalmente de la presencia de áfidos alados como *Myzus persicae* (Foto 13a) o pulgón verde del duraznero entre otros. Existen por lo menos 25 especies de áfidos capaces de transmitir PVY, pero se conoce muy poco acerca de su eficiencia de transmisión en nuestro país, por lo que más estudios respecto a este tema son necesarios.

A nivel mundial, el PVY es considerado uno de los virus más dañinos en términos de reducción del rendimiento. Las razas de PVY^O y de PVY^C pueden ser la causa de fracaso en el cultivo de papa, y cuando éstos llegan a combinarse con PVX es generalmente más destructivo, produciendo la enfermedad conocida como mosaico rugoso (Acuña y Tejeda, 2014).

La presencia de razas PVY^{NTN} no se evidencia fácilmente en el follaje de las plantas, ya que producen síntomas leves, dificultando su identificación en labores de descarte durante la producción de semilla, pero afecta el rendimiento fuertemente en variedades susceptibles. Igualmente, en algunas variedades de papa puede producir síntomas de necrosis en forma de anillo, lo cual es causal de pérdida de calidad (Foto 13b) (Acuña *et al.*, 2015).

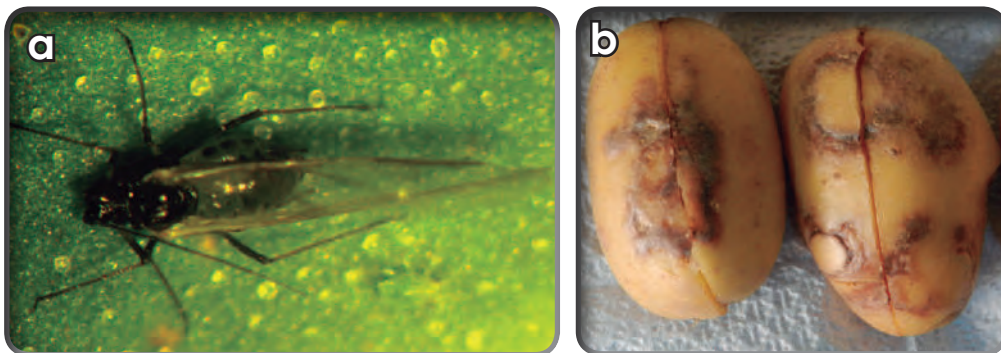


Foto 13. Interacción áfido-virus representado por el complejo *M. persicae*-PVY, a) Adulto alado de la especie *M. persicae*, b) Sintomatología de PVY en tubérculo de papa, síntoma corresponde a anillos concéntricos en el tubérculo. Muestra de tubérculo obtenida desde el sur de Chile

11.4.6.2 Enrollamiento (PLRV)

Esta es una enfermedad de importancia en los cultivos de papa del sur de Chile. Es transmitida por áfidos en forma persistente y ha ido en aumento durante las temporadas 2014-15 y 2015-16.

Síntomas: los síntomas primarios se manifiestan después que las plantas han sido inoculadas por áfidos virulíferos y se hacen evidentes principalmente en hojas jóvenes, las cuales se observan erectas, enrolladas y pálidas (amarillentas). En algunas variedades, las hojas jóvenes tienen una pigmentación rosada a rojiza la cual comienza por los márgenes. En otras ocasiones es posible observar un enrollamiento confinado a la base de los folíolos, sin abarcarlos íntegramente.

Los síntomas primarios pueden dejar de manifestarse en aquellos casos donde la infección se produjo tardíamente. En el caso de los síntomas secundarios, provenientes del uso de tubérculos semilla enfermos, pueden hacerse evidentes al momento de la brotación de un tubérculo infectado. Los folíolos inferiores de esta planta infectada se observarán enrollados y las hojas superiores tendrán un color más claro que lo normal. En general las hojas se ponen rígidas y coriáceas, se secan y cuando se aprietan producen un sonido crocante como de papel. En general las plantas reducen su tamaño significativamente llegando a quedar enanas en algunos casos (Acuña *et al*, 2015).

Epidemiología: el virus puede ser transmitido por medio de tubérculos enfermos o también de manera persistente por transmisión por áfidos virulíferos. El diagnóstico de esta enfermedad en los semilleros constituye un problema bastante complicado, debido a que los síntomas en el follaje frecuentemente no son evidentes, especialmente cuando se producen infecciones tardías.

Es importante considerar que en el caso de semilleros, las siembras deben ser cosechadas lo antes posible (pero compatible con un rendimiento razonable), con el objeto de evitar transmisiones tardías por áfidos (Acuña *et al.*, 2015).

Medidas de prevención para virus transmitidos por áfidos

- Uso de tubérculo semilla libre de virus
- Saneamiento de plantas enfermas, papas voluntarias y malezas, mediante eliminación y destrucción
- Uso de cultivos bordes que protejan de la llegada de áfidos al cultivo
- Producción de semilleros en sectores de baja población de áfidos
- Realizar las plantaciones considerando las fechas de vuelo de áfidos para escapar a la alta presión de infección
- Reducir las poblaciones de áfidos presentes en el campo mediante la aplicación de insecticidas sistémicos, anti-feeding (paralizador del aparato bucal) y aceites al follaje
- Monitoreo de áfidos mediante el uso de trampas Möericke
- Uso de alertas preventivas respecto al vuelo de áfidos, utilizando información respecto a grados días acumulados (GDA).

Información respecto a GDA está disponible en el portal web www.pulgon.inia.cl (Figura 3). Este portal indica los GDA para distintos puntos del sur de Chile, útil para determinar el vuelo de áfidos de dichos sectores y diseñar una estrategia de cultivo y de control de estos vectores (Acuña *et al.*, 2015).

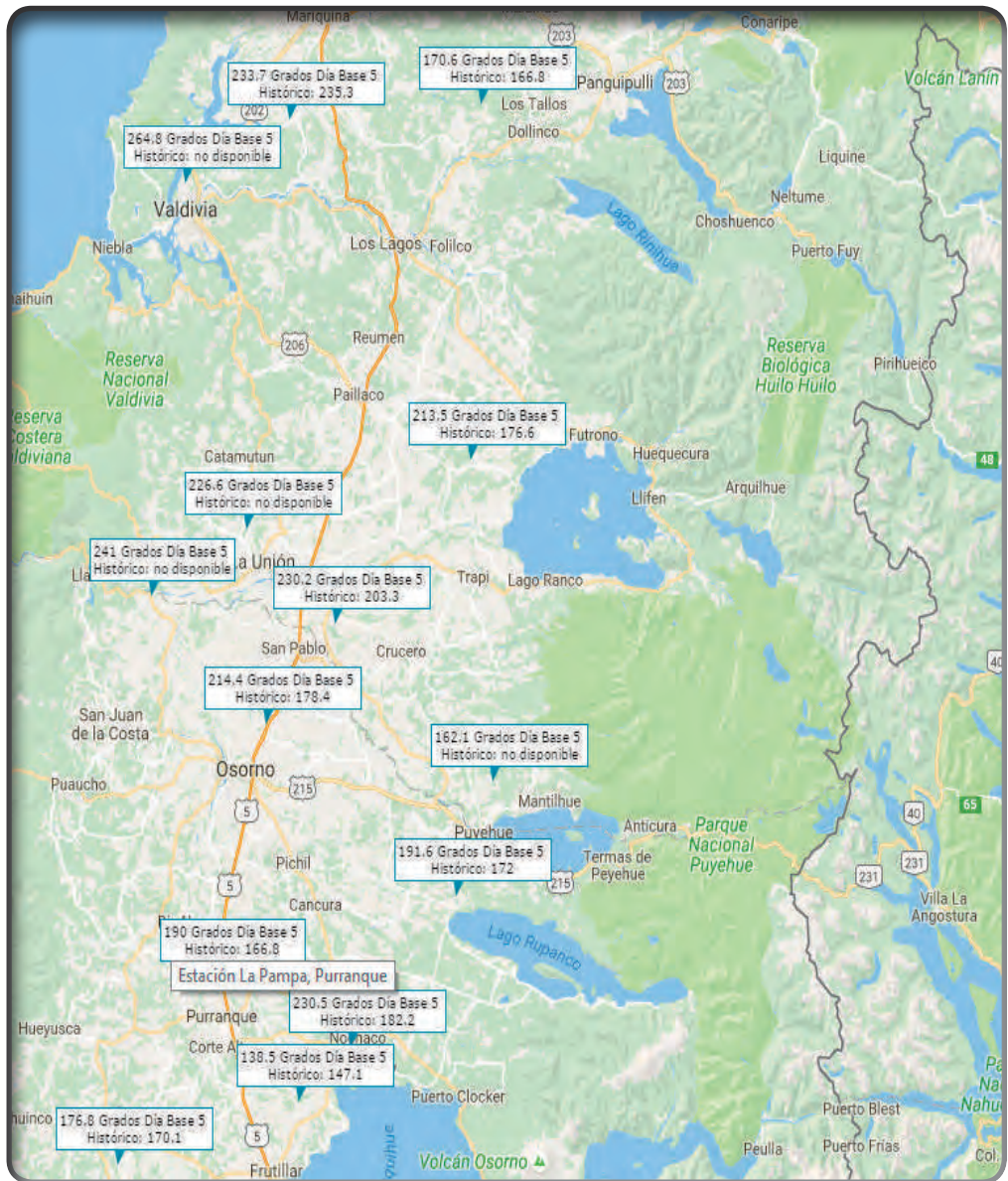


Figura 3. Información sobre los GDA obtenida en la página www.pulgon.inia.cl

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>. Certificado de Registro propiedad intelectual 264.876 Dibam.

Acuña, I., y Tejada, P. 2014. Enfermedades causadas por virus en el cultivo de papa y su manejo. Informativo N° 32. INIA Remehue. 4 pp.

Acuña, I., Bravo, R., Gutiérrez, M., Rosales, M., Rojas, E., Cisternas, E. y Sandoval, C. 2014. Informe Técnico final Proyecto FIA PYT-2011-0065: Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de papa en la zona sur. INIA Remehue, Osorno, Chile. 97 pp.

Alcázar, J. 2015. Experiencias en manejo integrado de plagas en los Andes. Centro Internacional de la papa. 60 p.

Artigas, J. 1994. Entomología Económica. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción. Chile Tomo 2: 496 – 499.

Caballero, C. 1955. La cuncunilla negra en los pastos del sur. Agricultura y ganadería 1 (3): 7-8.

Castro, I., Contreras, A. 2011. Manejo de plagas y enfermedades en el cultivo de la papa. Imprenta Austral, Valdivia-Chile, 72p.

Cisternas, E. 1989. Descripción de los estados pre imaginales de escarabeidos en praderas antropogénicas de la zona sur de Chile. Tesis. Lic. Agr., Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 119 p.

Durán, L. 1986. El pilme o Padrecito, *Epicauta pilme* (Mol.) (Coleóptera: Meloidae), observaciones sobre su metamorfosis. Revista chilena de Entomología. 13:7-11.

Gajardo, L. 1964. Estudios sobre el ciclo estacional de la cuncunilla negra del pasto, *Dalaca* noctuides Pfzt. (LEP, Hepialidae). Tesis Ing. Agr. Universidad Austral de Chile. p.67

Ihl, E. 1947. Cuncunillas de los pastos. Simiente 17 (1-2): 78-80.

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2018. www.pulgon.inia.cl

Isla, R. 1959. El control de la cuncunilla negra del trébol. Agricultura y ganadería 5:16-18.

Kaspar, G y J.A Barreto. 2017. Principales plagas en el cultivo de la papa. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). <https://inta.gov.ar/noticias/principales-plagas-en-el-cultivo-de-papa>

Lantschner, C. 2017. Pilme, *Epicauta pilme*. Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria. Cuadernillo N°. 16. INTA. Bariloche. 10 p.

Méndez, P., Sotomayor, L. y J. Inostroza. 2009. Reconocimiento y control de las principales plagas comunes en papa. En: Méndez, P y J. Inostroza. 2009. Manual de la papa para La Araucanía: manejo del cultivo, enfermedades y almacenaje. Boletín INIA N° 194. 116p.

Ng, J.C y B.W. Falk. 2006. Virus-vector interaction mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses. Annu. Rev. Phytopathol., No. 44, pp. 183-212.

Navarro, P. 2016. Monitoreo de áfidos en el sur de Chile. Presentación resultados reunión anual de cultivos. Chillán, Chile.

Norambuena, H. y A. Aguilera. 1988. Plagas de las praderas. En: Ruiz, I (ed): Praderas para Chile. Alfabetá, Santiago de Chile. pp: 229-250.

Olalquiaga, G. 1955. Situación de las plagas de insectos en Chile. Boletín Fitosanitario FAO 3: 65-70.

Oliver Schenider, 1926. Notas entomológicas. El pilme en el pillo-pillo. Rev. Chilena. Hist. Nat. 30, 198-201.

Parrella, M.P. y Bethke, J.A. 1984. Biological studies of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on Chrysanthemum, aster and pea. Journal of Economic Entomology, 77: 342-345.

Rojas, E., y Cisternas. E. 2011. En: Acuña, I., R. Bravo, M. Gutiérrez, M. Rosales, E. Rojas, E. Cisternas y C. Sandoval. 2014. Informe Técnico final Proyecto FIA PYT-2011-0065: Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de papa en la zona sur. INIA Remehue, Osorno, Chile. 97 pp.

Schmidt, E. y G. Robinson. 1983. Ghost Moths of southern South America. Entomograph Volume 4. 1-192.



12. Manejo del Agua de Riego en el Cultivo de Papa

Rafael López-Olivari
Ing. Agrónomo Dr.
Mauricio Zúñiga Sánchez(*)
Ing. Agrónomo Dr.
INIA Carillanca



(*) Investigador INIA Carillanca hasta agosto de 2018

12.1 Introducción

La papa es uno de los cuatro cultivos de mayor importancia a nivel nacional, concentrando su mayor producción en las regiones de La Araucanía (26%) y Los Lagos (33%) (ODEPA, 2017). Las necesidades hídricas de este cultivo pueden variar dependiendo de la zona geográfica y en gran medida del objetivo productivo al que estén destinadas (papa “temprana”, “guarda” o “semilla”).

Sin embargo, diversos estudios alrededor del mundo señalan al proceso de cambio climático como responsable de las distintas alteraciones climáticas que se han manifestado con mayor fuerza en las últimas décadas. A nivel nacional, se ha indicado que existe una creciente disminución del nivel de precipitaciones que afecta principalmente a la zona centro-sur de nuestro país. Adicionalmente, este problema se incrementa de manera periódica dependiendo de la aparición del fenómeno conocido como corriente de “La niña”, la cual produce una considerable disminución del nivel de precipitaciones. Debido a lo anterior, muchos productores de la zona centro-sur y sur se han visto enfrentados a una necesidad antiguamente desconocida, como es asegurar el agua de riego para sus cultivos. El aporte de agua de riego es una tarea fundamental para obtener buenos rendimientos y calidad de los productos agrícolas.

El manejo del agua de riego depende de diversos factores tales como: (a) disponibilidad del recurso hídrico; (b) método o sistema de riego (gravitacional o presurizado); (c) tipo de suelo y manejo agronómico (preparación); (d) estado fenológico del cultivo (variedad) y (e) demanda atmosférica (clima). Asegurar un correcto estado hídrico del cultivo de la papa durante todo el período de crecimiento y desarrollo puede garantizar en gran medida la obtención de altos rendimientos y un óptimo tamaño del tubérculo, ya que el agua es clave para asegurar un correcto transporte de nutrientes desde el suelo hacia a la planta, un óptimo nivel de fotosíntesis y de transpiración. Estos procesos son determinantes para la formación y acumulación de materia seca en el tubérculo, asegurando altos rendimientos en el cultivo de papa.

12.2 Demanda hídrica del cultivo

Los sistemas agrícolas pierden agua a través de un proceso denominado evapotranspiración de cultivo (ETc) (Foto 1). La ETc es un proceso combinado que ocurre de manera simultánea, donde el agua presente en el sistema (cultivo) es traspasada a la atmósfera mediante: la evaporación directa desde el suelo húmedo y la transpiración de la planta a través de sus estomas. La cantidad de agua utilizada en este proceso dependerá principalmente de variables climáticas (radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento).

En la medida que existan inviernos con escasas precipitaciones y primaveras secas y con altas temperaturas, el cultivo de la papa necesitará aplicaciones de agua mediante el riego de manera anticipada y con mayor frecuencia, generando mayor gasto de agua a lo largo de la temporada.

Para hacer una correcta programación de riego que permita reponer eficientemente el agua perdida a través de la ETC, es necesario conocer de manera precisa diversos factores que tienen relación con el tipo de suelo, necesidades de agua según período fenológico del cultivo y la demanda atmosférica.

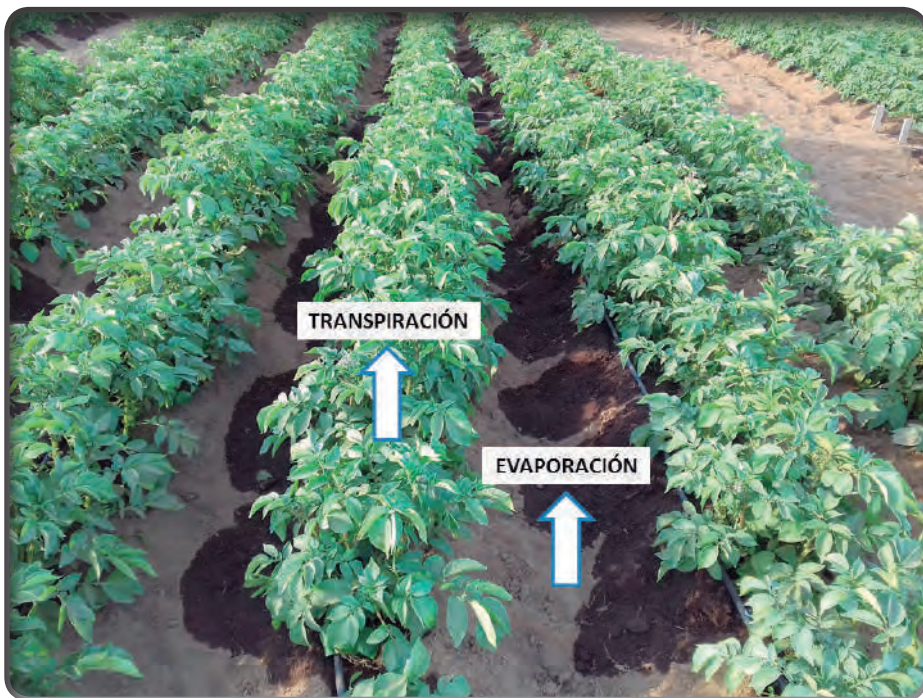


Foto 1. Esquema del movimiento de agua en el proceso de evapotranspiración del cultivo (ETC) de papa

12.3 Tipo de Suelo

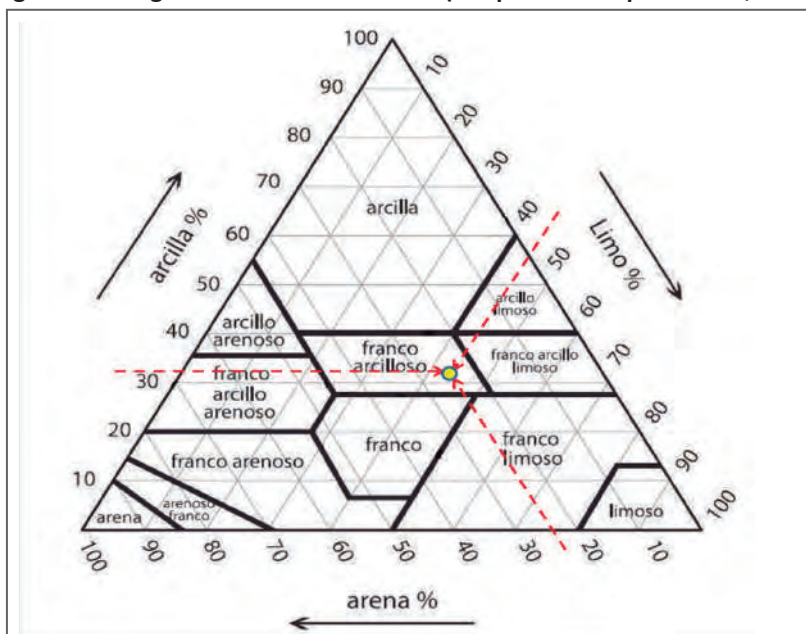
Las características físicas del suelo (textura, estructura, profundidad y presencia de materia orgánica) determinan en gran medida el tiempo y frecuencia de riego, ya que intervienen de forma directa en la capacidad de retención de humedad en el suelo.

La textura de suelo se refiere al tamaño de las partículas que lo componen y la proporción de cada uno de ellos en el suelo, representado por la cantidad de arena, limo y arcilla. La textura depende principalmente de la naturaleza de la roca madre y

de los procesos evolutivos que generaron ese suelo. La estructura del suelo se refiere a la forma en cómo se “presentan o distribuyen” estas partículas en él, cuestión que determinará, entre otras cosas, el espacio poroso del suelo.

Los distintos porcentajes de arena, limo o arcilla dan origen a los distintos tipos de suelo, los cuales se pueden identificar conociendo dichos porcentajes a través del conocido triángulo textural de suelo (Figura 1). De esta forma, es posible encontrar desde suelos arenosos (suelos livianos) con una escasa retención de humedad, hasta suelos muy arcillosos (suelos pesados) los cuales pueden presentar problemas de infiltración provocando en la mayoría de los casos anegamiento en los cultivos (problemas de aireación en la zona radicular). En el caso de la papa, se ha encontrado que los suelos más favorables para el buen crecimiento y desarrollo para obtener un buen rendimiento del cultivo son aquellos con textura franca que contengan entre 8 a 25% de arcilla y no más de 50% de arena. De forma adicional, el contenido de materia orgánica en el suelo ayuda sustancialmente a una mayor retención del agua aplicada.

Figura 1. Triángulo textural de los suelos (Adaptado de López-Olivari, 2016)



Otra alternativa, es sacar una o varias muestras representativas de suelo según estratas tenga el perfil y enviarlas a un laboratorio especializado para la determinación de la textura, curvas de retención de humedad y densidad aparente del suelo.

12.4 Disponibilidad de agua en el suelo

Existen tres niveles de humedad en el suelo conocidos como: Saturación (S), Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). Estos niveles de humedad en el suelo cambian dependiendo de la textura, contenido de materia orgánica y porcentaje de piedras que presente el suelo. La diferencia entre los niveles de CC y PMP se conoce como Humedad Aprovechable (HA) o Agua Disponible Total (ADT), representando el nivel de agua total que pueden extraer las plantas. Bajo el nivel de PMP, la humedad presente en el suelo se encuentra retenida con una fuerza mayor a la que ejercen las raíces para absorber el agua, por lo que la planta es incapaz o limita considerablemente la absorción de agua.

- **Saturación (S):** el nivel de saturación se observa inmediatamente después de un riego o lluvia abundante. El espacio poroso presente en el suelo se encuentra en un 100% lleno de agua, por lo que es incapaz de almacenar más agua. Si persiste la aplicación de agua, esta podrá moverse verticalmente generando una percolación a capas más profundas (si el suelo lo permite), o producir escurrimiento superficial (encharcamiento).
- **Capacidad de Campo (CC):** es el nivel de contenido de agua posterior al período de saturación cuando se ha drenado libremente el excedente de agua. Generalmente esta condición se presenta entre 24 a 48 horas (si las condiciones de suelo lo permiten, según permeabilidad), presentando un pequeño porcentaje de aire en los poros del suelo. Este nivel se considera como el nivel superior de almacenamiento de humedad óptima, donde el agua es absorbida por la planta con mayor facilidad.
- **Punto de Marchitez Permanente (PMP):** corresponde al nivel de humedad en el suelo donde las raíces son incapaces de realizar absorción de esa agua, pudiendo presentar una marchitez irreversible y morir. En este sentido, se considera al PMP como el nivel más bajo del agua útil total en el suelo.
- **Humedad aprovechable (HA) y Agua fácilmente aprovechable del suelo (AFA):** la humedad aprovechable corresponde al agua almacenada en el suelo entre CC y PMP. Esta cantidad de agua varía dependiendo de la textura del suelo, densidad aparente, contenido de materia orgánica y presencia de piedras (Figura 2). Dentro del total de HA solo un porcentaje es de absorción fácil para el cultivo (depende de la especie) por lo que bajo este nivel la planta absorbe con mayor dificultad el agua del suelo. A esta fracción se le denomina umbral o criterio de riego (UR o Cr) y depende principalmente de la sensibilidad del cultivo a la falta de agua y del tipo de suelo en el que se desarrolla. Así, la diferencia entre CC y UR se conoce como agua fácilmente aprovechable (AFA).

Dado que el cultivo de papa es sensible a la falta de agua en el suelo, el umbral de riego apropiado se encuentra entre 30 a 40% de la HA. Agotado este nivel de humedad en el suelo, se debe dar inicio al riego para no afectar el correcto crecimiento y desarrollo del cultivo.

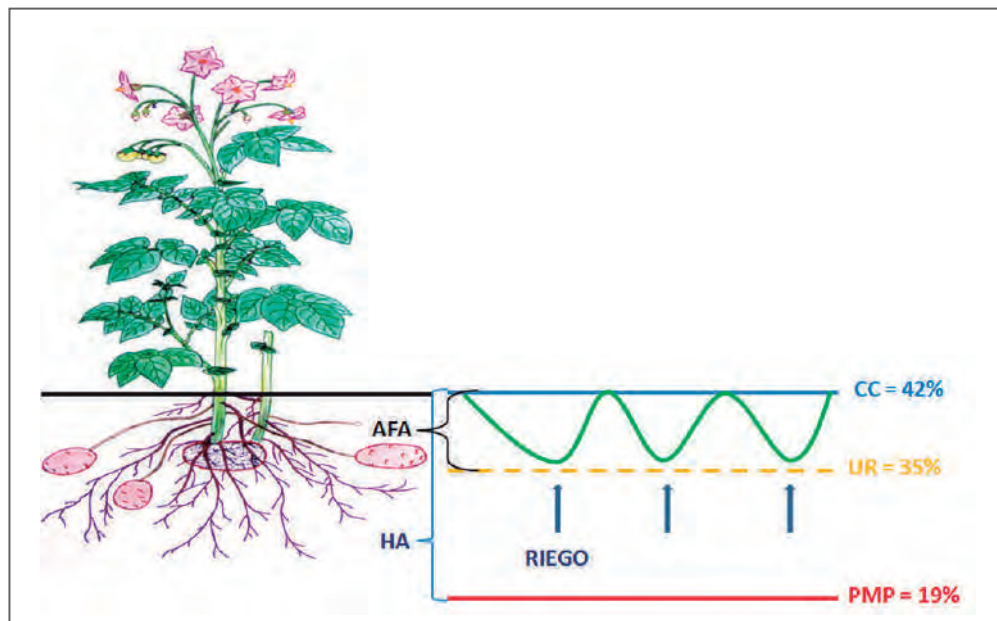


Figura 2. Diagrama esquemático de los conceptos de Humedad aprovechable (HA), Agua Fácilmente Aprovechable (AFA), Criterio o Umbral de Riego (UR), Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). (Elaboración propia)

12.5 Cultivo y clima

El agua almacenada en el suelo tras una lluvia o riego y que está disponible para la planta, se irá agotando dependiendo de diversos factores de planta (etapa fenológica) y variables climáticas (radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y velocidad del viento). La interacción de estos factores (planta y clima) está dada por el coeficiente único de cultivo (K_c) (Allen et al., 1998; Haverkort and MacKerron, 2006). Este coeficiente permite ajustar los valores medidos de evapotranspiración de referencia (ETo) para determinar finalmente la evapotranspiración del cultivo (ETc).

12.5.1 Coeficiente de cultivo (K_c): el coeficiente de cultivo es un factor asociado a diversas características específicas que puedan presentar los diferentes cultivos tales como: arquitectura del cultivo (altura, índice de área foliar y fracción de cobertura); resistencias que la planta presenta al flujo de agua (resistencia radicular y resistencia estomática). Este coeficiente varía a lo largo de la temporada de crecimiento, según la etapa de desarrollo (Figura 3 y Cuadro 1). Sin embargo, para la región de La Araucanía solo existen coeficientes de cultivo para papa en períodos de tiempo mensual (Cuadro 2). Los coeficientes de cultivo mensuales presentan ciertas desventajas, ya que puede coincidir que dos etapas fenológicas se presenten en el mismo mes o que una etapa fenológica se presente durante dos meses, lo que podría implicar errores en la correcta determinación de los tiempos y frecuencias de riego.

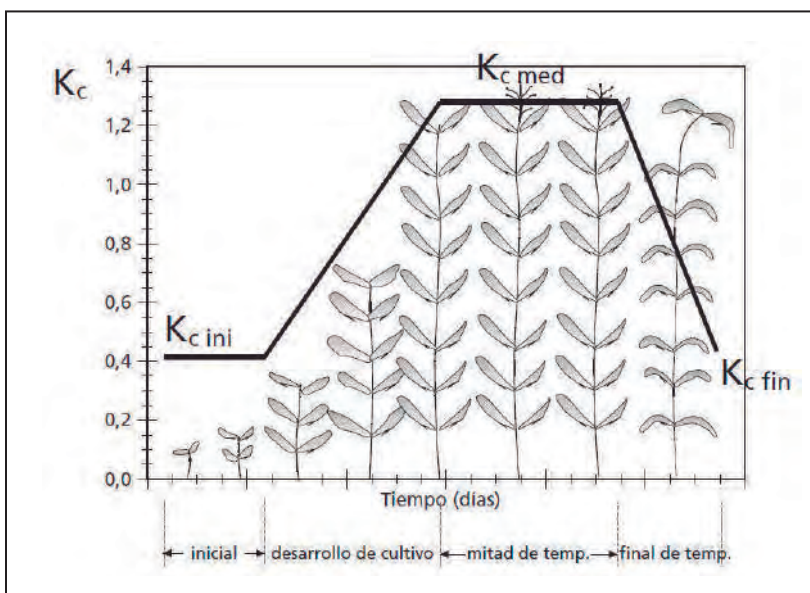


Figura 3. Curva genérica del coeficiente de cultivo (K_c) según la etapa de desarrollo de un cultivo (Allen *et al.*, 1998)

Cuadro 1. Coeficientes únicos de cultivo (Kc) referenciales para el cultivo de papa consumo según el estado de desarrollo asociado al porcentaje de cubrimiento del follaje en el suelo (Haverkort and MacKerron, 2006)

| Fases de crecimiento y desarrollo de la papa (% de cobertura follaje en el suelo) | | | | | |
|--|------------------------|--|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Inicial (0-10%) | Desarrollo (10-80%) | Media (80%-comienzo senescencia) | Madurez (durante senescencia) | A cosecha | temporada |
| 0,40-0,50 | 0,70-0,80 | 1,05-1,20 | 0,85-0,95 | 0,70-0,75 | 0,75-0,90 |

Cuadro 2. Coeficientes de cultivo (Kc) mensuales para el cultivo de papa (Jerez *et al.*, 1994)

| Coeficiente de cultivo (Kc) | | | | | |
|-----------------------------|-----------|-----------|-------|---------|-------|
| Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo |
| 0,25 | 0,41 | 0,70 | 0,77 | 0,74 | 0,59 |

12.5.2 Evapotranspiración de referencia: para determinar la ETc y conocer la demanda hídrica del cultivo es necesario conocer la evapotranspiración de referencia (ETo). Según acuerdos internacionales (Allen *et al.*, 1998), la ETo corresponde a la pérdida de agua de una cobertura vegetal siempre verde (alfalfa o festuca) con una altura entre 8 a 15 cm. Dicha cobertura debe cubrir completamente el suelo y estar bajo un óptimo manejo agronómico (bien regada, buen estado fitosanitario y de fertilidad). Al cumplir estas condiciones, la ETo solo dependerá de las condiciones climáticas presentes (radiación solar, temperatura, humedad relativa, precipitaciones y dirección del viento) y no será afectada por factores ajenos a dichas variables.

Para determinar ETo actualmente se utilizan las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) que se ubican bajo esta condición de referencia (Foto 2). Así, la ETo se puede encontrar en el sitio web de INIA (disponible en: www.agromet.inia.cl), asociando con la ETc según la siguiente ecuación:

$$ETc = ETo * Kc$$

Donde:

ETc = evapotranspiración de cultivo (mm día⁻¹)

ETo = evapotranspiración de referencia (mm día⁻¹)

Kc = coeficiente de cultivo (adimensional).

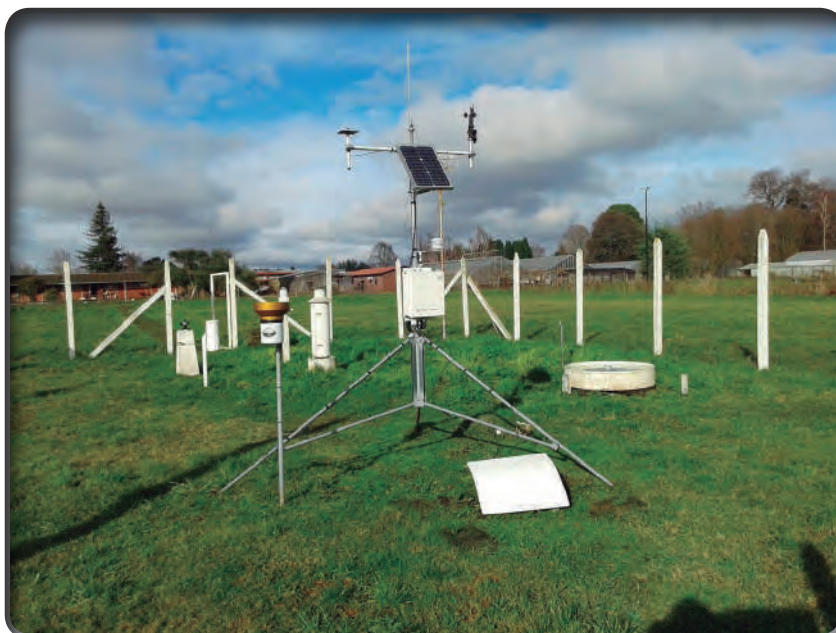


Foto 2. Estación Meteorológica automática (EMA) instalada sobre un pasto en condiciones de referencia

12.6 Concepto de programación de riego en el cultivo de papa

La programación del riego (PR) es una metodología que permite determinar el nivel óptimo de agua a reponer durante todo el período de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa, con el fin de optimizar su uso y maximizar la producción y calidad de los tubérculos. Así, PR consiste, principalmente, en responder las dos preguntas fundamentales: ¿cuándo y cuánto regar?. El ¿cuándo regar? se refiere al momento que se debe aplicar el agua de riego (frecuencia de riego). Para determinar el momento del riego hay que considerar el cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo (agua disponible total por las plantas). Mientras que el ¿cuánto regar? se refiere al tiempo que el agua de riego debe estar goteando (riego por goteo) para reponer los consumos hídricos del cultivo de papa. Esto depende de la ETc y la precipitación del equipo de riego por goteo. También el tiempo y frecuencia de riego dependen de la magnitud de las precipitaciones durante el período fenológico del cultivo de papa, ya que parte de éstas suplen las necesidades de agua (lluvias efectivas). Lo anterior, es una variable importante a considerar en zonas lluviosas, como es el caso del sur de Chile.

12.7 Evaluación de sistema de riego por goteo en cultivo de papa

El efecto sobre el rendimiento de diferentes niveles de reposición de agua aplicados a través de un sistema de riego por goteo fue evaluado. El rendimiento, la materia seca de los tubérculos y el uso del agua en cinco variedades de papa (Desireé, Patagonia INIA, Rodeo, Karú INIA y Pukará INIA) fue medido en un ensayo experimental realizado durante la temporada 2015/2016 en el “Centro Regional de la Papa Tranapunte”, ubicado en la comuna de Carahue, Región de La Araucanía, Chile.

El estudio fue llevado a cabo en una superficie de 890 m² bajo un diseño estadístico de parcelas divididas con tres repeticiones (Foto 3). La textura de suelo en sus primeros 30 cm de profundidad fue franco-limosa con una humedad a Capacidad de Campo (CC) de 50,12%, una humedad a Punto de Marchitez Permanente (PMP) de 29,72% y una densidad aparente de 0,92 gr/cm³. La plantación se realizó el 19 de octubre de 2015 en un marco de plantación de 0,75 x 0,25 m donde el resto de los manejos agronómicos se efectuaron según requerimientos del cultivo y condición de suelo de forma homogénea para todas las variedades.



Foto 3. Vista del ensayo de repeticiones hídricas aplicado por el sistema de riego por goteo

El sistema de riego estuvo compuesto por una línea de riego por hilera, con una separación de gotero cada 0,25 m (un gotero por planta). Los niveles de reposición hídrica fueron T3: bien regado (reposición de la pérdida de un 35% de la humedad aprovechable del suelo), T2: reposición del 75% de T3, T1: reposición del 50% de T3, y T0: sin reposición de agua de riego. Las repeticiones se hicieron calculando reponer el nivel de humedad a una profundidad de 30 cm y con un umbral de riego (UR) de 35%.

12.8 Resultados

Los resultados indican que para el rendimiento total se encontraron diferencias estadísticas significativas tanto en los niveles de riego como en las variedades. El tratamiento T3 (bien regado) fue superior a todos los otros niveles de riego evaluados (promedio de 81,1 ton ha⁻¹), siendo T0 (solo lluvia natural) el que obtuvo el menor rendimiento promedio (40,1 ton ha⁻¹). Los tratamientos T2 y T1 no presentaron diferencias significativas estadísticamente entre ambos, obteniendo un promedio de 57,1 ton ha⁻¹ y 53,5 ton ha⁻¹, respectivamente.

En cuanto a las diferencias entre variedades, Rodeo resultó ser la variedad con menor rendimiento promedio en casi todos los niveles de reposición hídrica, con alrededor de 46,0 ton ha⁻¹, mientras que Pukará INIA y Patagonia INIA presentaron los rendimientos más altos en casi todos los niveles de reposición hídrica con 64,0 ton ha⁻¹ y 67,0 ton ha⁻¹, respectivamente. Las variedades Desiree y Karú INIA, presentaron rendimientos intermedios de 55,0 ton ha⁻¹ y 57,0 ton ha⁻¹, respectivamente.

En el gráfico 1 se muestra la interacción entre los 4 niveles de reposición hídrica y las 5 variedades estudiadas. A pesar que no se registraron diferencias significativas entre ellos (variedad x nivel de riego), se observa que para todas las variedades existe un patrón de aumento en los niveles de rendimiento a medida que aumenta la cantidad de agua aplicada. En este sentido, la variedad Patagonia INIA fue la que obtuvo mayores rendimientos en casi todos los niveles hídricos, alcanzando un promedio de 100,0 ton ha⁻¹ para el tratamiento T3 (bien regado). El menor rendimiento se registró en la variedad Rodeo bajo condiciones de secano con 27,0 ton ha⁻¹ (secano).

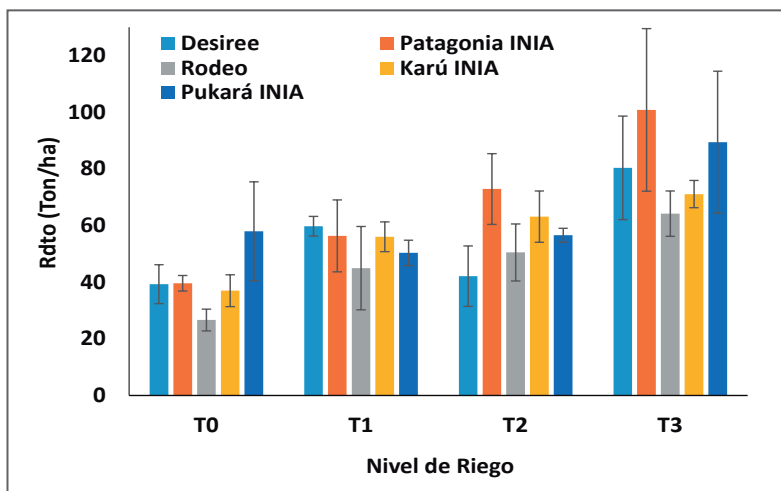


Gráfico 1. Rendimientos promedios por variedad y nivel de reposición hídrica en ensayo de riego por goteo, Tranapunte, comuna de Carahue, temporada 2015/2016

En el gráfico 2 se muestra la interacción entre variedad y nivel de reposición hídrica para la variable peso seco (ton ha⁻¹). En este sentido, la interacción no tuvo diferencias significativas (nivel de riego x variedad). Sin embargo, la variedad Pukará INIA presentó los valores más altos bajo el tratamiento T0 (condición de lluvia natural), mientras que la variedad Karú INIA en el tratamiento T1 (aplicación del 50% de T3), ambos con rendimiento en peso seco de 8,3 ton ha⁻¹. Por otro lado, los valores más bajos se obtuvieron en la variedad Desireé (5,3 ton ha⁻¹) para el tratamiento T2 (aplicación del 75% de T3), en la variedad Pukará INIA (5,6 ton ha⁻¹) y Rodeo (5,7 ton ha⁻¹) en el tratamiento T1 (aplicación del 50% de T3), y finalmente en la variedad Rodeo (5,6 ton/ha) bajo el tratamiento T0 (solo lluvia natural). Sin embargo, la variedad Patagonia INIA presentó valores relativamente más estables en comparación a las otras variedades para todas las condiciones hídricas evaluadas con valores entre 6,6 y 7,4 ton MS/ha. El promedio de peso seco para todos los tratamientos fue de 6,6 ($\pm 0,8$) ton ha⁻¹.

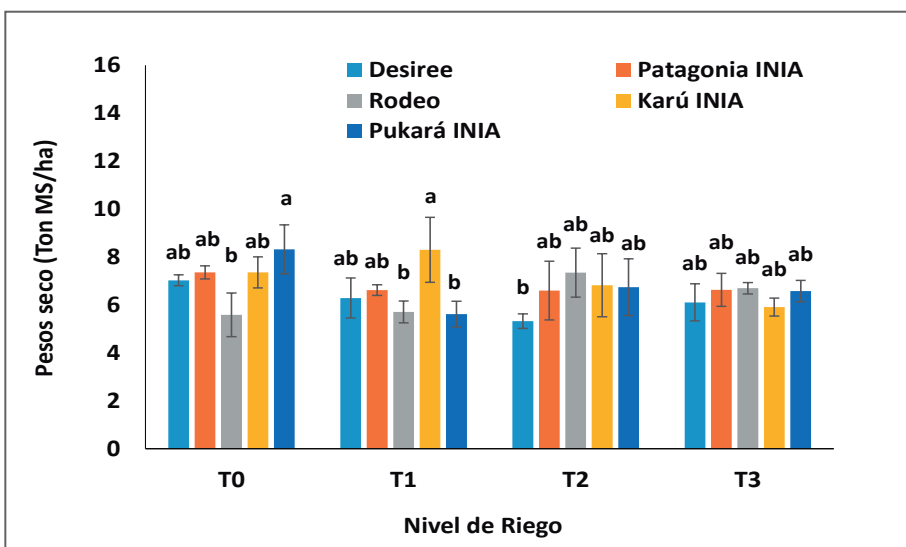


Gráfico 2. Peso seco promedio por variedad y nivel de reposición hídrica en el ensayo de riego por goteo, Tranapunte, comuna de Carahue, temporada 2015-2016

En el gráfico 3 se muestran los resultados obtenidos para la variable uso del agua (m³ de agua aplicada por kg MS producida). Los resultados indican que la variedad más eficiente en la utilización del agua fue Pukará INIA con 0,038 m³ de agua usada para producir un kilogramo de materia seca (38 L/kg MS), mientras que la variedad Rodeo fue la más ineficiente ya que utilizó 0,057 m³ para producir un kilogramo de materia seca (57 L por kg MS) ambos para el tratamiento T0 (solo lluvia natural). Además, las variedades Desireé y Rodeo usaron más agua para producir un kilogramo de MS

para todos los niveles hídricos evaluados con un valor promedio de 0,051 y 0,050 m³/kg MS, respectivamente. Mientras que las variedades Karú INIA, Patagonia INIA y Pukará INIA utilizaron menos agua para producir el mismo kilogramo de MS para todos los niveles hídricos evaluados con valores de 0,045; 0,046 y 0,047 m³/kg MS, respectivamente. El valor promedio de uso del agua aplicada fue para todos los tratamientos de 0,048 (±0,006) m³ de agua por kg MS (48 L por kg MS producida).

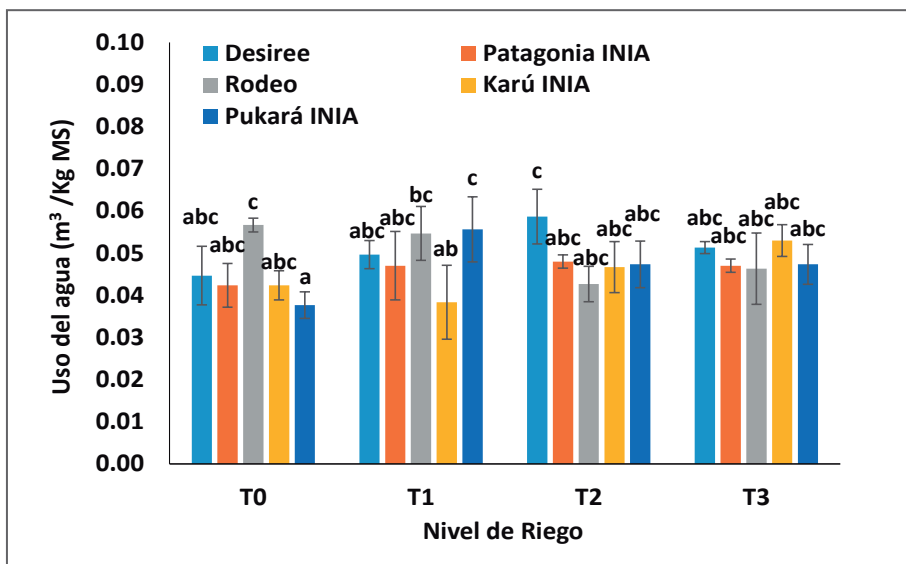


Gráfico 3. Uso promedio del agua de riego aplicada por variedad y nivel de riego a través del sistema de riego por goteo, Tranapunte, comuna de Carahue, temporada 2015-2016

12.9 Consideraciones Finales

Considerando la creciente disminución de los recursos hídricos disponibles durante el período de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa en la zona sur de Chile, es necesario realizar acciones que permitan un uso eficiente y óptimo del recurso hídrico enfocado en el objetivo productivo.

En este sentido, el riego por goteo es una alternativa que permite aportar agua de manera localizada para el cultivo de papa, disminuyendo las pérdidas por humedecimiento excesivo del suelo.

Los resultados encontrados en este estudio permitieron demostrar que existen diferencias estadísticamente significativas en los niveles de rendimiento, tanto para las variedades como para el nivel de agua aplicada. Respecto a esto último, para el caso de la variedad Patagonia INIA, es posible encontrar diferencias de alrededor

de 60 ton ha⁻¹ entre las plantas bien regadas en comparación a las plantas bajo condiciones de secano.

Finalmente, las variedades INIA de papa evaluadas en este estudio (Karú INIA, Pukará INIA y Patagonia INIA) serían más eficientes en el uso del agua aplicada para producir un kilogramos de materia seca comparado a las otras dos variedades extranjeras (Desirée y Rodeo) bajo una condición de secano.

Literatura Consultada

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper 56. United Nations FAO, Rome, p 300. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/X0490E00.htm>.

Haverkort, A.J. and MacKerron, D. K. 2006. Management of Nitrogen and Water in Potato Production. Academic Publishers, Wageningen, the Netherlands. 353 p.

López-Olivari, R. 2016. Manejo y uso eficiente del agua de riego intrapredial para el Sur de Chile: conceptos y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. 156 pp.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA). 2017. Información regional de superficie sembrada, producción y rendimientos anuales. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas> Consultado el 13 julio 2018.



13. Almacenaje de Tubérculos Semilla de Papa

Juan Inostroza Fariña
Ing. Agrónomo
INIA Carillanca



La papa es un órgano vegetal vivo que al respirar transforma los carbohidratos en calor, agua y anhídrido carbónico. Durante el almacenaje tienden a deshidratarse y después de un período de latencia inicia su brotación, experimentando además pérdidas en peso y en calidad. Por otra parte, su alto contenido de agua facilita el ataque de insectos y microorganismos produciéndose a menudo importantes pérdidas o su destrucción. Conservar papa por largo tiempo significa perder peso que a veces pueden ser de consideración, especialmente cuando se asocia a pudriciones.

Con el objeto de evitar las pérdidas o reducirlas al mínimo es necesario mantener los tubérculos bajo condiciones ambientales adecuadas, que hagan posible retardar los procesos de deshidratación, brotación y pudrición.

La zona sur presenta condiciones climáticas muy adecuadas para un almacenaje eficiente de papas, solo se requiere de infraestructura y buena ventilación. Sin embargo, en ocasiones se producen pérdidas excesivas durante la guarda de las papas (a veces sobre 30%), cuestión que indicaría un mal almacenaje. Bajo condiciones de almacenaje, en La Araucanía se han observado pérdidas que van desde un 6% utilizando bodegas con ventilación mecánica (aire controlado), hasta más de un 30% con bodegas con ventilación natural deficiente (sobre ventilación).

Las principales pérdidas en el almacenaje observadas en nuestra región, se deben por lo general a una deficiente ventilación favoreciendo la disminución del peso del tubérculo por pérdidas de agua y por una brotación excesiva. Esta situación deja en evidencia el desconocimiento o una baja preocupación por parte de los productores para hacer un buen almacenaje. Pérdidas por pudriciones causadas por enfermedades o daño mecánico presentes en los tubérculos al momento de almacenarlos, son cada vez menores.

13.1 Factores del cultivo que afectan la calidad del almacenaje

Los tubérculos semilla de papas deben almacenarse para mantenerlos hasta el momento que sean utilizados como semilla, preservando la facultad de brotación y manteniendo su calidad como material de propagación. Las condiciones que permiten un buen almacenaje se inician antes que los tubérculos sean cosechados y almacenados y se relacionan, directa o indirectamente con el manejo agronómico del cultivo, cosecha y transporte de los tubérculos producidos.

13.1.1 Estado sanitario del cultivo. El desarrollo sano del cultivo durante su ciclo es importante para procurar una disminución del riesgo de aparición de enfermedades durante el tiempo que dure el almacenaje del producto. Cultivos afectados por fusariosis, tizones y/o pie negro durante su desarrollo tienen una alta posibilidad de presentar pudriciones en almacenaje, puesto que el inóculo de dichas enfermedades se almacena junto con los tubérculos.

13.1.2 Enmalezamiento. Una alta presencia de malezas durante la cosecha aumenta la incidencia de daño mecánico producido por los implementos y herramientas de cosecha.

13.1.3 Fertilización. Dosis elevadas de nitrógeno tienden a aumentar la susceptibilidad a golpes durante la cosecha y transporte de los tubérculos, facilitando la vía de entrada de patógenos a éste. Por el contrario, el potasio tiende a proporcionar una mayor resistencia y firmeza de los tubérculos a los golpes.

13.1.4 Madurez de los tubérculos. El cultivo debe estar totalmente maduro al cosecharse, evitando con ello daños a la piel, principal vía de entrada de algunas enfermedades. En producción de semilla se cosechan los tubérculos antes de concluido el desarrollo vegetativo del cultivo, por lo cual debe eliminarse el follaje aún verde con al menos tres semanas de anticipación, para lograr una cierta firmeza en la piel de los tubérculos. Papas inmaduras son sensibles a daños debido a que el tejido no está lo suficientemente suberizado.

13.1.5 Daños mecánicos del cultivo. Los daños mecánicos son ocasionados por los implementos utilizados para el manejo del cultivo o también por los insectos del suelo. Estas lesiones facilitan la entrada de patógenos que provocan posteriormente problemas en el almacenaje.

13.2 Efecto de la cosecha sobre el almacenaje

La labor de cosecha, que precede a la etapa de almacenaje de los tubérculos semilla, tiene un marcado efecto sobre la calidad de la guarda. Durante esta etapa se produce cerca del 75% del daño total que reciben los tubérculos durante el ciclo del cultivo. Los factores a considerar al momento de la cosecha que afectan la calidad del almacenaje son:

13.2.1 Condiciones del suelo al momento de la cosecha. No es deseable un suelo excesivamente húmedo, ya que gran parte de la tierra quedará adherida a los tubérculos aumentando los problemas de enfermedades. El suelo seco tiende a desprenderse fácilmente, en especial cuando los tubérculos permanecen algún tiempo descubierto sobre la superficie del suelo (cosecha semi mecanizada).

13.2.2 Cosecha oportuna y preselección cuidadosa. Debe realizarse antes del período de lluvias, puesto que guardar tubérculos con barro afecta fuertemente la calidad del almacenamiento. Las papas deben guardarse secas y limpias, eliminándose todos los tubérculos partidos, con cortes, picados, dañados por insectos o dañados por los implementos de cosecha o que estén afectados por enfermedades. Si se hace una cosecha manual, la recolección debe hacerse en canastos o cajones, evitando daños por golpes.

La preselección manual en campo es una ventaja ya que puede evitar pasar por seleccionadora los tubérculos cuando estos se almacena por mucho tiempo. Dicha labor puede producir lesiones en la superficie de la piel, aumentando los problemas posteriores.

13.2.3 Transporte y manejo de los tubérculos. Los tubérculos no deben golpear-se ni pisarse durante el transporte, descarga o selección. El transporte en sacos de menor peso (25 kg) durante la cosecha, contribuye a disminuir los golpes al cargar o descargar (del hombro al “coloso”, a la cama del camión, del vehículo de transporte al piso, otros). El vaciado de los sacos en la troja, así como el desplazamiento de los cargadores por sobre ella, debe realizarse con cuidado, evitando el daño (usar tablón con protección).

13.2.4 Bodega seca, limpia y adecuada. Es importante que las bodegas estén limpias y desinfectadas, eliminándose restos de tubérculos o brotes de la temporada anterior. Si el piso es de tierra debe estar seco, liso y compacto. La bodega tiene que estar libre de goteras o de áreas húmedas y construidas con un diseño que permita una adecuada ventilación.

13.3 Factores ambientales que afectan el almacenaje

Tal como ya se mencionó, el tubérculo de papa es un producto vegetal vivo que respira y transpira, y los factores ambientales que van a influir sobre él son la temperatura, humedad, ventilación y luz.

13.3.1 Temperatura

Para los tubérculos semillas de papas en general, la temperatura de 4,5 °C y una humedad relativa de 90 a 92% son las condiciones ideales para el período de almacenaje. A esta temperatura la tasa de respiración de los tubérculos se minimiza, disminuyendo al máximo las pérdidas.

Si bien durante el almacenaje se producen diferentes cambios en los tubérculos asociados a la temperatura, tales como cambios fisiológicos y químicos, en la fracción proteica, almidón, azúcares y vitamina C, desde el punto de vista de las características de la semilla, la respiración, brotación, deshidratación y pudriciones son las más importantes.

13.3.1.1 Respiración: durante el proceso de respiración, las papas convierten los carbohidratos en calor, agua y CO₂. El proceso depende del estado de madurez de los tubérculos y de la temperatura. Al comienzo del período de almacenaje la velocidad de respiración de los tubérculos inmaduros es considerablemente más alta que la de los tubérculos maduros y con posterioridad llega a ser similar. Esta mayor velocidad

de respiración se asocia, en parte, a los daños mecánicos que pueden producirse en la cosecha y almacenaje, como también a la suberización de la piel. La velocidad de respiración alta a temperaturas cercanas al punto de congelación es responsable del oscurecimiento interno y corazón negro del tubérculo. Las temperaturas altas igualmente aumentan la tasa de respiración, provocando necrosis interna del tubérculo. La brotación y las lesiones de los tubérculos causan un marcado aumento en el rango de respiración. La concentración de oxígeno también es importante en la conservación de los tubérculos de papa, en su presencia se produce una respiración aeróbica, pero si éste falta, la respiración se torna anaeróbica con formación de alcoholes, fermentación y los tubérculos se pudren. En consecuencia, las bodegas de almacenaje deben contar con una aireación conveniente que mantenga una concentración normal de oxígeno en el ambiente.

El CO_2 actúa como retardador de la respiración, tanto aeróbica como anaeróbica, sin embargo, acumulaciones muy altas de CO_2 desplazan el O_2 formando un ambiente que favorece la fermentación y con ello la pudrición de los tubérculos. Se ha determinado que la concentración de este gas no debe sobrepasar el 4%.

13.3.1.2 Brotación: inmediatamente después de la cosecha los tubérculos de papa se encuentran en un estado de dormancia (o latencia) durante el cual, debido a un control hormonal, no se produce brotamiento pasado este período, el tubérculo comienza a emitir brotes, se deshidratan pierden sabor y vitamina C. Un mal control de temperatura y humedad relativa en las bodegas de almacenaje puede ocasionar brotación excesiva, generando una reducción de peso debido a la pérdida de agua y a la translocación de azúcares de los tubérculos a los brotes. La temperatura afecta el desarrollo de los brotes, bajo 2 - 3 °C no se produce crecimiento, es lento a 4,5 °C y se acelera sobre los 10 °C. Es decir, la brotación se puede inhibir con temperaturas de almacenamiento cercamos a 5 °C y con humidificación del aire.

13.3.1.3 Pudriciones: muchas de las pudriciones que se desarrollan durante el almacenaje son causadas por bacterias y hongos que penetran a través de las heridas. La nueva piel que la papa es capaz de producir es una efectiva barrera contra estos microorganismos. Manejando tubérculos cuidadosamente y proporcionándoles condiciones favorables para la formación de la piel al comienzo del período de almacenamiento, puede disminuir la incidencia de pudriciones.

13.3.1.4 Deshidratación: la velocidad a la cual la humedad es removida de la superficie de los tubérculos hacia el medio circundante, depende tanto de los factores externos (humedad, temperatura y velocidad del aire), como de la naturaleza del producto (forma, tamaño y características de la corteza protectora). La humedad relativa es lejos más importante que la temperatura respecto a la pérdida de peso.

13.3.2 Humedad

El control de la humedad es tan importante como lo es el de la temperatura. Cuando los tubérculos son colocados en una atmósfera de humedad relativa baja, que produce una presión de vapor menor que la que ellos ejercen, su humedad se perderá y las papas se pondrán blandas. Las papas blandas son susceptibles de daños por presión y por golpes.

Cuando comienza la brotación, la pérdida de humedad en el tubérculo se acelera. Un mayor movimiento de aire que el necesario es contraproducente, porque parte de la humedad que lleva el aire saliente o de escape proviene de las papas. Esto puede evitarse agregando humedad al aire entrante con lo que disminuye la diferencia de las presiones de vapor, entre el tubérculo y la atmósfera de la bodega.

Lo ideal es una humedad de un 90% a un 95%. Humedad relativa superior a este rango es peligrosa, ya que agua libre se deposita en la superficie del tubérculo haciéndolos más susceptibles a las pudriciones. Cuando los tubérculos permanecen húmedos las lenticelas o poros de respiración se hinchan y proporcionan puntos de entrada a las bacterias que causan pudrición. Al desarrollarse pudriciones en un tubérculo, la humedad “moja” los tubérculos vecinos, inoculándolos con los microorganismos causantes de estas pudriciones, produciéndose grandes focos de papas húmedas, malolientes y podridas en la troja.

13.3.3 Ventilación

Tiene por objeto mantener en las papas almacenadas un rango óptimo de temperatura y de humedad relativa del aire. La ventilación puede efectuarse en forma natural, por convección, (diferencias de temperaturas) o forzada.

El sistema de ventilación está basado en el principio general de introducir aire frío y húmedo desde el exterior de la bodega, cuando la temperatura de ésta es superior a la del exterior. La bodega además de disponer de ingreso de aire en su parte inferior, debe disponer de troneras en su parte superior que permitan la salida del aire caliente cuando se introduce aire frío.

Una ventilación adecuada, además de provocar un ambiente favorable para la cicatrización del peridermo), elimina el exceso de humedad de la superficie de las papas y proporciona condiciones menos favorables al desarrollo de pudriciones. Cuando se almacenan tubérculos atacados de tizón y pie negro y se colocan bajo condiciones adecuadas de ventilación, las pudriciones que se desarrollan generalmente se secan en vez de hacerse húmedas y se circunscriben a los tubérculos que venían infectados antes del almacenaje: evitándose los grandes focos de pérdidas.

13.3.3.1 Ventilación natural por convección: ésta aprovecha para la circulación y renovación de aire hechos físicos naturales como diferencias de temperatura y presión, dirección e intensidad de vientos, etcétera. Por otra parte, convección es el proceso en el cual la transmisión de calor está asociada al movimiento o transporte de masas de aire: el aire con mayor temperatura es liviano y sube, mientras que el aire frío desciende.

La ventilación por convección (Figura 1) es suficiente en bodegas prediales donde los volúmenes de papas son menores (30 toneladas) y la altura de almacenaje es inferior a 2 m. En estos casos generalmente se utilizan ductos triangulares construidos con listones de madera. Los ductos deben ubicarse de tal manera que el aire externo tenga fácil acceso a ellos, estimándose que deben tener una sección de 13 cm² por cada tonelada de papa. La separación máxima entre ductos no debe ser superior a 2 m.

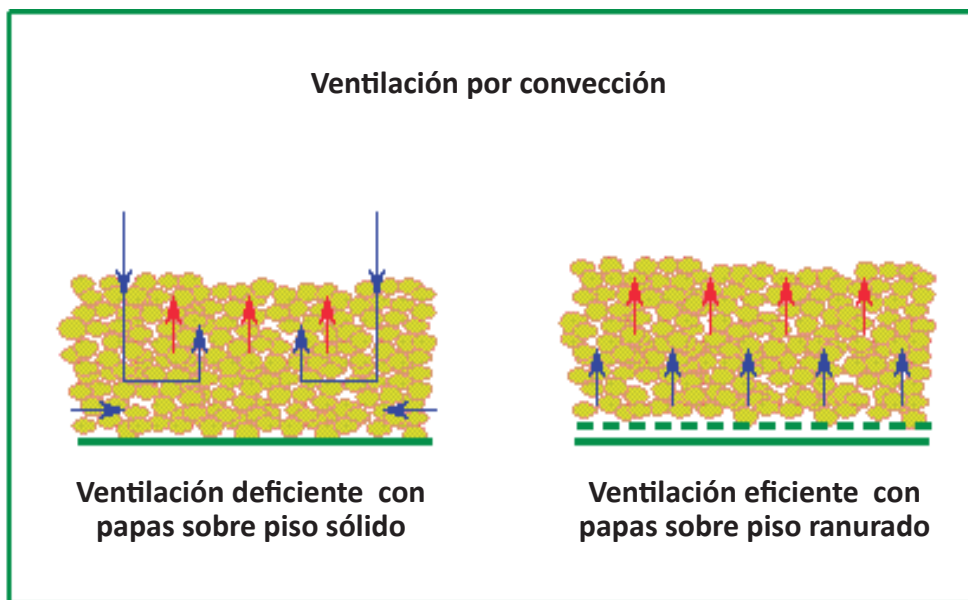


Figura 1. Principio de ventilación por convección

Para evitar condensaciones y temperaturas elevadas debe facilitarse la circulación de aire dentro de la bodega, siendo conveniente colocar las papas en trojas o secciones cuyo piso sea una tarima de listones. Este sistema puede perfeccionarse colocando en las murallas listones semejantes a las tarimas del suelo, que impiden el contacto de los tubérculos con los muros (Figura 2). Además, se pueden colocar tubos verticales provistos de agujeros o ranuras dentro de la masa de papas, para facilitar la aireación. La circulación de aire en estas condiciones queda sometido solamente al movimiento natural del aire caliente hacia arriba y descenso del aire frío.

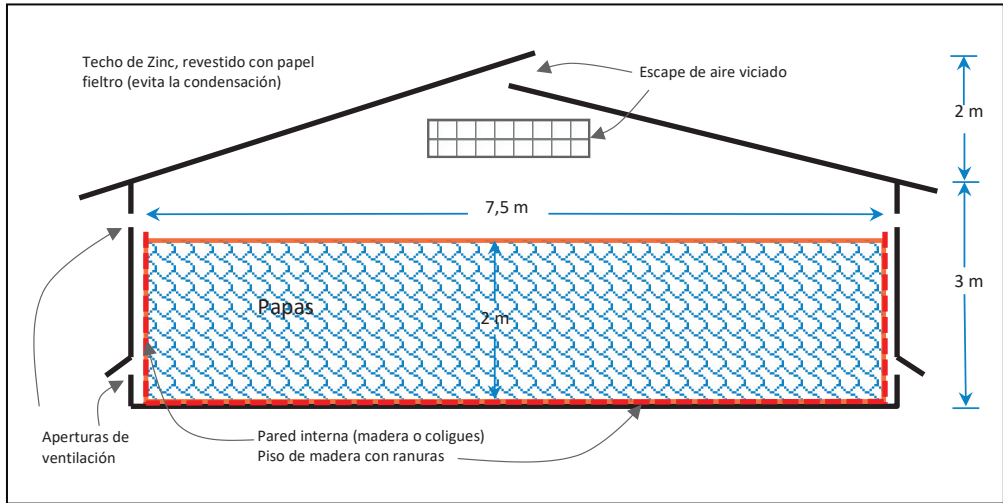


Figura 2. Bodega con almacenaje a granel



Foto 1. Bodega de almacenaje pequeña con ventilación natural superior



Foto 2. Bodega de almacenaje con ventilación natural superior e ingreso de aire a ras de suelo



Foto 3. Interior de bodega de almacenaje con ventilación natural superior



Foto 4. Troja con paredes de madera en bodega de almacenaje

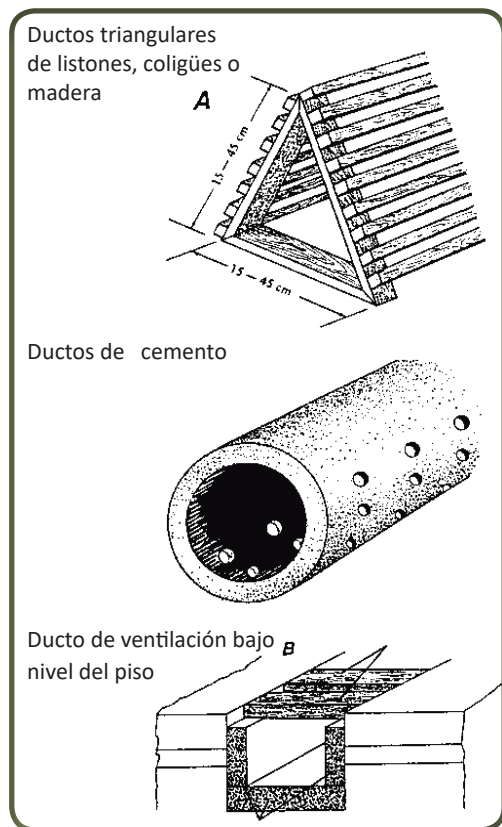


Figura 3. Alternativas como ductos de ventilación.



Foto 5. Ductos triangulares



Foto 6. Ductos perforados de acero inoxidable

13.4 Estructuras que favorecen la ventilación en bodegas de almacenaje de papa

13.4.1 Ventilación con aire forzado: el movimiento natural a veces no es suficiente para ventilar las papas almacenadas y se considera preferible hacerlo circular mediante ventiladores.

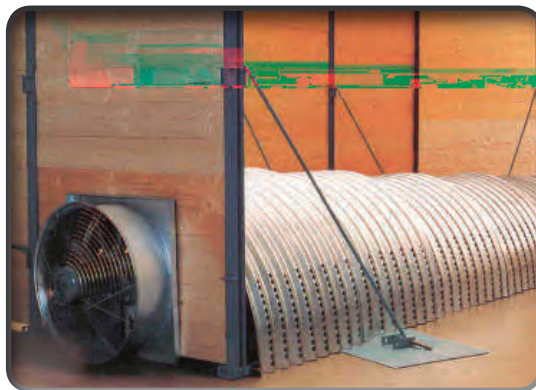
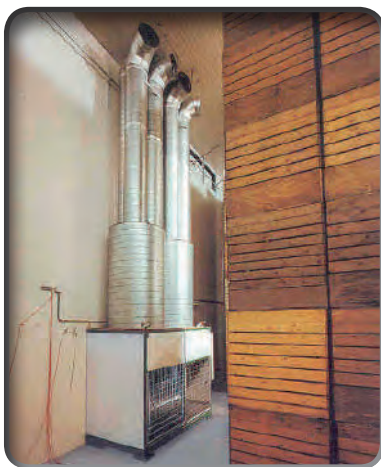


Foto 7. Sistema de ventilación forzada



Fotos 8 y 9. Sistema de ventilación forzada y almacenaje en sistema de bins

La ventilación mediante circulación forzada de aire humidificado artificialmente, es el medio más efectivo para controlar la temperatura y la humedad de las bodegas a los niveles requeridos para la buena conservación de la papa semilla (4 a 6 °C con una humedad de 90 a 95 %).

Adicionalmente, la ventilación se utiliza para secar aquellos lotes de papas que ingresan mojados a la bodega y para terminar la cicatrización de las heridas de los

tubérculos. El aire se hace pasar por las papas enfriándolas hasta la temperatura requerida (4 a 6 °C) en unos 60 días desde el término del período de cicatrización. Un exceso de aire no aumenta de manera significativa la velocidad de enfriamiento, pero si aumenta el grado de deshidratación, de ablandamiento y de mancha negra de los tubérculos. Una cantidad insuficiente de aire no enfría las papas con la rapidez requerida. En una bodega especializada con ventilación de aire forzado, el sistema puede estar formado por ductos principales, laterales y de recirculación, cuya misión es la de inyectar aire fresco, mezclado o recirculado lo más uniforme posible.

Cuadro 1. Pérdidas de peso de papas en almacenaje con ventilación natural y ventilación dirigida o controlada

| Ventilación | Pérdida total | Pudrición | Deshidratación |
|-------------|---------------|-----------|----------------|
| Natural | 20,2 % | 1,37 % | 18,8 % |
| Dirigida | 5,63 % | 0,67 % | 4,96 % |

Fuente: INIA Remehue

Cuadro 2. Efecto de la humedad relativa en la conservación de tubérculos de papa

| Humedad Relativa (%) | Pérdidas de peso | Deformaciones por presión |
|----------------------|------------------|---------------------------|
| 80-85 | 7,7 % | 14,6 % |
| 90-92 | 6,5 % | 6,8 % |

Fuente: INIA Remehue

13.4.2 Condiciones ambientales durante el almacenaje

Papas utilizadas como semilla necesitan conservar su vigor y la tendencia a producir brotes fuertes y sanos. Es importante controlar la temperatura, la humedad relativa del aire y la ventilación, además de nivelar la superficie de las pilas o trojas. Lo anterior porque a mayor superficie expuesta existirá siempre mayor deshidratación de los tubérculos.

13.4.2.1 Sistema de Almacenaje en Trojas

Consiste en acondicionar la bodega en secciones o compartimentos más pequeños denominados “trojas”, ubicadas a los costados de la bodega. Es el sistema más usado para almacenaje de papas, pues permite mantener separado en un mismo almacén, variedades, etapas o categorías diferentes de tubérculos-semillas, facilitando al mismo tiempo un mejor manejo y control de ellos. Existe una gran variedad de

diseños y tamaños, desde trojas pequeñas en bodegas prediales hasta trojas de gran capacidad (10-50 ton) en bodegas de acopio. En este último caso su diseño permite mecanizar completamente el manejo y movimiento de los tubérculos. En un almacén con trojas con ambiente controlado las pérdidas pueden ser muy reducidas, especialmente si está ubicado en un área de clima favorable y la producción ha sido manejada en forma adecuada. La altura hasta la cual se puede levantar el volumen de papa almacenadas es variable, pero en términos generales hasta 4 m en papa para consumo y 3 metros en papa semilla. Alturas mayores pueden significar fluctuaciones excesivas de temperatura en el montón y las papas al fondo se verán más perjudicadas (manchas por presión).

13.5 Etapas del almacenaje

Para almacenar papas una bodega debe tener un sistema de ventilación que controle las condiciones ambientales. Lo anterior, considerando las siguientes etapas: **secado, cicatrización, acondicionamiento o enfriamiento, almacenamiento propiamente tal y acondicionamiento o elevación de temperatura**, a objeto de conseguir un buen almacenaje.



Foto 10. Almacenaje en bodegas con ventilación natural, inicio del entroje, ducto de madera para mejorar la ventilación

13.5.1 Secado: período en el cual se ventilan las papas para eliminar el agua libre que traen desde el campo. Se realiza a una temperatura de 12 a 13 °C por una semana. Para lograr un secado eficiente es necesario considerar la temperatura y el porcentaje de humedad relativa del aire que se utilizará en el proceso. Se ingresa aire con mayor temperatura y menor humedad desde el exterior (en horas de mayor temperatura).

13.5.2 Cicatrización o suberización: período necesario para cicatrizar las heridas de las papas que depende de la temperatura de los tubérculos. La temperatura más favorable para promover una rápida cicatrización se encuentra entre los 12 y 15 °C con un 95% de humedad. La cicatrización se produce en 14 días a $\pm 18^{\circ}\text{C}$, 20 días a $\pm 15^{\circ}\text{C}$ y 30 días a $\pm 12^{\circ}\text{C}$. Bajo de 10°C , las heridas prácticamente no sanan. Durante el período de curado de las heridas debe haber una ventilación adecuada en orden a reducir la concentración de CO_2 y mantener la superficie de la papa seca.



Foto 11. Papas almacenadas en troja

13.5.3 Acondicionamiento o enfriamiento: se inicia una vez que hayan suberizado las lesiones superficiales. Para lograr un enfriamiento eficiente se recomienda inyectar aire cuya temperatura sea, por lo menos, 2 °C inferior a la temperatura de la parte superior de la pila de papas.

13.5.4 Período de almacenaje propiamente tal: durante este período es importante mantener las condiciones más apropiadas para evitar pérdidas de peso por deshidratación, por brotación y por pudrición. Se consigue con una temperatura que se mantiene entre 4 y 6 °C y una humedad relativa entre 92 y 95%, con una adecuada ventilación para evitar acumulaciones excesivas de CO₂.

13.5.5 Acondicionamiento para el movimiento y envasado: una vez finalizado el período de almacenaje debe elevarse paulatinamente la temperatura hasta unos 10 °C, antes de iniciarse el movimiento de las papas. Los tubérculos resistirán así, en mejor forma, los golpes durante el envasado y el transporte.



Foto 12. Papa semilla seleccionada, etiquetada y en condiciones para su comercialización

Literatura consultada

Banse, J. 1980. Técnicas de Almacenamiento de Papas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Carillanca. Temuco. Boletín Técnico N° 34. 21 p.

Contreras, A. 1993. Cosecha y almacenaje de papas. En: 5° Jornadas de Extensión Agrícola; Manejo agronómico del cultivo de la papa y las perspectivas del mercado. Organizado por la Universidad Católica de Temuco.

Kalazich, J., Rojas, J.S. y González, H. Fundamentos de almacenamiento y conservación de papa. Curso Taller: Metodología para mejorar la producción y uso de tubérculos-semilla de papa en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue y Centro Internacional de la Papa (CIP). Osorno. Serie Remehue N° 51. P 109-125.

Rojas, R., José Santos; Kalazich, J., González, H. 1994. Sistemas de almacenamiento y conservación de papas. Curso Taller: Metodología para mejorar la producción y uso de tubérculos-semilla de papa en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Remehue y Centro Internacional de la Papa (CIP). Osorno. Serie Remehue N° 51. P 127-150.

Tolsma Techniek. s.f. Todo sobre la patata por Tolsma Techniek. Tolsma Techniek. Emmeloord b.v., Holanda. 11ª reimpresión. 38 p.





Boletín INIA / N° 414
www.inia.cl



CONVENIO TRANAPUENTE



Municipalidad de Carahue

