



Manual del cultivo de la papa en Chile

Editor: Víctor Kramm M., INIA Quilamapu

Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias

BOLETÍN INIA / Nº 10



ISSN 0717 - 4829



INDAP
Ministerio de
Agricultura

Gobierno de Chile

Coordinadores responsables:

Marcelo Zolezzi V. Ing. Agrónomo. M. Sc.

Coordinador del Programa Nacional de Transferencia Tecnológica y Extensión

Patricio Abarca R. Ing. Agrónomo. M. Sc.

Encargado regional convenio INIA - INDAP, Región de O'Higgins

Editor:

Víctor Kramm M.

Ing. Agrónomo, M. Sc. / INIA Quilamapu

Autores:

Juan Inostroza F., Ing. Agrónomo / INIA Carillanca

Patricio Méndez L., Ing. Agrónomo / INIA Carillanca

Nelson Espinoza N., Ing. Agrónomo, M. Sc.

Ivette Acuña B., Ing. Agrónomo, Ph. D. / INIA Remehue

Patricia D. Navarro G., Ing. Agrónomo, M. Sc., Ph. D. / INIA Carillanca

Ernesto Cisternas A., Ing. Agrónomo, Dr. / INIA La Cruz

Patricia Larraín S., Ing. Agrónomo, M. Sc.

Corrección de textos: A

Andrea Romero G.

Periodista. Encargada de Comunicaciones INIA Dirección Nacional

Diseño y diagramación:

Carola Esquivel

Ricardo Del Río

Boletín INIA N° 10

ISSN 0717 - 4829

Este documento fue desarrollado en el marco del convenio de colaboración y transferencia entre el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), para la ejecución de un programa de apoyo y fortalecimiento de técnicos expertos, recopilando información, antecedentes técnicos y económicos del cultivo de la sandía.

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

©2017. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

Fidel Oteiza 1956, Piso 11, Providencia, Santiago. Teléfono: +56-2 25771000

Santiago, Chile, 2017.



Manual del cultivo de la papa en Chile

Editor:

Víctor Kramm M.

Ing. Agrónomo, M. Sc.

INIA Quilamapu

Boletín INIA / N° 10

INIA - INDAP, Santiago 2017

ISSN 0717 - 4829



ÍNDICE

PRÓLOGO	8
CAPÍTULO 1	9
1.1. Zonas productoras de papa	9
1.1.1. Zona centro norte	9
1.1.1.1. Región de Coquimbo	9
1.1.1.2. Región de Valparaíso	11
1.1.1.3. Región Metropolitana	13
1.1.2. Zona centro sur	15
1.1.2.1. Región del Libertador Bernardo O'Higgins	16
1.1.2.2. Región del Maule	17
1.1.2.3. Región del Biobío	18
1.1.3. Zona sur	21
1.1.3.1. Región de La Araucanía	21
1.1.3.2. Región de Los Ríos	24
1.1.3.3. Región de Los Lagos	25
CAPÍTULO 2	28
2.1. Fertilización del cultivo de papa	28
2.1.1. Concepto de fertilidad y productividad de los suelos	28
2.1.2. Extracción de nutrientes por parte de la papa	28
2.1.3. Estimación de la fertilización	31
2.1.3.1. Nitrógeno	31
2.1.3.2. Fósforo	34
2.1.3.3. Potasio	35
2.1.3.3.1. Nutrición potásica de las plantas	35
2.1.3.3.2. Papel de los fertilizantes potásicos	37
2.1.3.3.3. Deficiencia de potasio	37
2.1.3.4. Azufre	38
2.1.3.5. Calcio y magnesio	39
2.1.4. Consideraciones para la fertilización del cultivo de papa de acuerdo a zonas productoras	41
2.1.4.1. Zona centro norte	41
2.1.4.2. Zona centro sur	42
2.1.4.3. Zona sur	43

CAPÍTULO 3	45
3.1. Plantación	45
3.1.1. Densidad de plantación y efectos de tallos en la producción	45
3.1.2. Factores que determinan la densidad de tallos	48
3.1.2.1. Número de tallos principales	49
3.1.2.2. El número de brotes por tubérculo	49
3.1.2.3. Densidad recomendada de tallos	49
3.1.2.3.1. Ambiente	49
3.1.2.3.2. Propósito del cultivo	50
3.1.2.3.3. Variedad de papa	50
3.1.3. Profundidad de plantación y emergencia	50
3.1.4. Tipos de plantación	51
3.1.4.1. Plantación manual	51
3.1.4.2. Plantación mecanizada con plantadora semiautomática	51
3.1.4.3. Plantación mecanizada con plantadora automática	52
CAPÍTULO 4	53
4.1. Control de malezas	53
4.1.1. Desventajas de las malezas	53
4.1.2. Clasificación de malezas	53
4.1.3. Barbecho químico	53
4.1.3.1. Herbicidas más utilizados en barbecho químico	54
4.1.3.2. Barbecho químico y preparación de suelo-plantación	54
4.1.3.2.1. Aplicar sólo Glifosato	56
4.1.3.2.2. Mezclas con Glifosato de bajo efecto residual	56
4.1.3.2.3. Mezclas con Glifosato de efecto residual medio	56
4.1.4. Efecto de las malezas en el cultivo de la papa	57
4.1.5. Período crítico de competencia	58
4.1.6. Métodos de control de malezas	59
4.1.6.1. Control mecánico	60
4.1.6.2. Control químico	60
4.1.6.2.1. Clasificación de herbicidas	61
4.1.6.2.2. Herbicidas específicos para papa	62
4.1.7. Alternativas para el control de malezas en papas	64

ÍNDICE

CAPÍTULO 5	67
5.1. Manejo post plantación	67
5.1.1. Borrado del camellón de plantación	67
5.1.2. Aporca	69
5.1.2.1 Tipos de aporca	70
5.1.2.2. Momento para realizar la aporca	71
CAPÍTULO 6	74
6.1. Riego	74
6.1.1. Importancia del agua en el cultivo de la papa	74
6.1.2. Clasificación de los métodos de riego	77
6.1.3. Necesidades de agua del cultivo	78
6.1.3.1. Medición práctica de cuánta agua aplicar	78
CAPÍTULO 7	79
7.1. Enfermedades del cultivo de la papa	79
7.1.1. Principales enfermedades del follaje	79
7.1.1.1. Tizón tardío de la papa	79
7.1.1.1.1. Ciclo de la enfermedad	79
7.1.1.1.1. 2. Medidas de prevención y control	82
7.1.1.1.3. Estrategias de control químico para tizón tardío	83
7.1.1.1.4. Control de la enfermedad	84
7.1.1.1.5. Condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad	85
7.1.1.2. Tizón temprano de la papa (Alternaria)	85
7.1.1.2.1. Síntomas	86
7.1.1.2.2. Medidas de prevención	87
7.1.1.3. Botrytis	88
7.1.1.3.1. Medidas de prevención	90
7.1.2. Enfermedades cuarentenarias	90
7.1.2.1. Carbón de la papa	91
7.1.2.2. Marchitez bacteriana	93
7.1.2.3. Nemátodo dorado	95
7.1.2.4. Nemátodo de la pudrición seca	97
7.1.3. Enfermedades producidas por virus	98
7.1.3.1. Sintomatología de virosis en cultivo de papa	98
7.1.3.2. Detección de virus en cultivo de papa	100
7.1.3.3. Uso de plantas indicadoras para detección de virus	100

7.1.3.4. Pruebas serológicas	100
7.1.3.5. Pruebas moleculares	100
7.1.4. Virus que afectan el cultivo de papa en el sur de Chile	100
7.1.4.1. Mosaico rugoso (PVY)	100
7.1.4.2. Enrollamiento (PLRV)	102
7.1.5. Situación de los virus transmitidos por áfidos vectores en el sur de Chile	104

CAPÍTULO 8 **107**

8.1. Principales plagas del follaje de papa: hemípteros, coleópteros, otras	107
8.1.1. Hemípteros: pulgones y langostinos	107
8.1.1.1. Pulgones (áfidos)	107
8.1.1.2. Langostino de la papa. Empoasca curveola (Oman)	113
8.1.2. Coleópteros: pilme, gusano alambre y gusanos blancos	115
8.1.3. Otras plagas	122

CAPÍTULO 9 **126**

9.1. Cosecha	126
9.2. Factores que influyen en la cosecha	126
9.2.1. Elección y preparación del suelo	126
9.2.2. Resistencia de la papa a daños (golpes) y al almacenamiento	127
9.2.3. Sanidad	128
9.3. Destrucción del follaje	129
9.3.1. Métodos de destrucción de follaje o aplicación de desecante	129
9.4. Cosecha de papa para consumo	131
9.5. Cosecha de papa para semilla	131
9.6. Tipos de cosecha	132
9.6.1. Manual	132
9.6.2. Semi-mecanizada	132
9.6.3. Mecanizada	134
9.7. Consideraciones para la cosecha	135
9.8. Transporte desde el campo a la bodega	136

BIBLIOGRAFÍA **137**

PRÓLOGO

La papa (*Solanum tuberosum*) es una planta perteneciente a la familia de las solanáceas, originaria de Sudamérica y cultivada por todo el mundo por sus tubérculos comestibles. En nuestro continente, este cultivo evolucionó y se cruzó con otras plantas silvestres del mismo género, lo que dio como resultado una gran diversidad de especies. Es así como la presencia de papas nativas se distribuye desde el sur del Cañón de Colorado, en Estados Unidos de Norteamérica, pasando por todos los países con cordillera andina, hasta Los Chonos, en el sur de Chile.

Anualmente, en nuestro país se cultivan alrededor de 50 mil hectáreas con papas, siendo el cuarto cultivo en superficie y el que tiene mayor número de agricultores (59.606 según el VII Censo Agropecuario), la mayor parte de ellos, pequeños agricultores. La producción es destinada casi totalmente al mercado interno y es un alimento importante en la dieta de los chilenos.

La superficie ha ido en aumento en los últimos años, siendo un 3,2% mayor el año 2015 que el 2014 y estimándose un incremento de un 3,6% para la actual temporada.

Sin embargo, un análisis de largo plazo indica que la superficie con papas muestra una tendencia a la disminución, de alrededor de 15.000 ha en los últimos 15 años; descenso que ha ocurrido en todas las zonas productoras, pero más acentuada en la zona centro norte, producto de la escasez del agua de riego. Por otra parte, la producción se ha mantenido más estable, aún cuando se generan variaciones entre los diferentes años que fluctúan en torno a un millón de toneladas anuales. Los rendimientos oscilan entre 21 a 26 t/ha, con un valor estimado de consumo promedio cercano a 50 kilos/habitante al año.

CAPÍTULO 1

1.1. Zonas productoras de papa

Si bien el cultivo de papa se produce en todo Chile, desde Arica hasta la Provincia de la Antártica Chilena, la producción comercial se desarrolla principalmente entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos. Entre estas regiones se produce prácticamente la totalidad de las papas que van a los principales mercados, generándose procesos de comercialización que involucran el movimiento de estas producciones a través del país. Cada zona tiene características productivas propias, definidas fundamentalmente por las condiciones ambientales de clima y suelo, y por el destino de la producción.

Desde el punto de vista comercial podemos dividir el país en tres grandes zonas productoras: zona centro norte, zona centro sur y zona sur. La zona norte y la zona austral también tienen producción de papa pero en volúmenes muy pequeños, para comercialización local, por lo cual no tiene efecto en los grandes mercados nacionales.

1.1.1. Zona centro norte

Esta zona incluye las provincias de Coquimbo, Valparaíso y Región Metropolitana. Se caracteriza por una producción ubicada en las zonas de los valles transversales y de los valles longitudinales; bajo condiciones de riego. La producción se destina principalmente al mercado mayorista de Santiago y en menor volumen para abastecer mercados locales y de la zona norte.

1.1.1.1. Región de Coquimbo

Corresponde a la zona de los valles transversales. El cultivo se practica de manera comercial desde hace más de 60 años, y es uno de los cultivos anuales más importantes. Los principales sectores productivos son El Romero, Coquimbito, Altovalsol y Pan de Azúcar; y pequeñas áreas en la zona de Cerrillos de Tamaya, como también en las comunas de Canela y Mincha.

Las series históricas de producción y superficie cultivada, indican un incremento considerable en la década de los 80, para luego descender y estabilizarse en la década de los 90. Desde el año 1999 en adelante, la superficie y la producción total presentan una clara tendencia a la disminución. No obstante, el rendimiento presentó un incremento, que ha fluctuado por sobre las 20 t/ha.

Época de plantación. La principal época de plantación es a fines de verano y otoño, para cosechar en agosto y septiembre, meses de mayor valor de la papa. En esta región es característico el uso de semilla del sur en plantaciones de julio-agosto, lo que implica su cultivo durante la primavera. Una parte de la producción se destina a semilla-hija para la siembra del próximo invierno. La papa-semilla que logra llegar de la zona sur en febrero o marzo no ha cumplido su dormancia, germinando en estado de dominancia apical. Esta condición obliga a utilizar altas poblaciones de semilla (sobre 60.000 plantas/ha) y de calibre grande (50 a 65 mm) para obtener rendimientos comerciales.

La semilla sembrada, hija de certificada, disminuye su rendimiento en un 20% comparada con la siembra de semilla-certificada proveniente del sur. Entre las variedades con mayor rendimiento destaca Pukará-INIA, Karú-INIA y Patagonia-INIA con rendimientos en torno a las 40 t/ha. Variedades como Desirée y Yagana-INIA presentan buenos rendimientos en plantaciones de primavera.

Condición de clima. Se caracteriza por presentar inviernos benignos y veranos frescos debido a su cercanía al mar. Sin embargo, las heladas en invierno son recurrentes, especialmente en los años secos. Las precipitaciones son escasas y se concentran en invierno. En la mayoría de los años las precipitaciones no superan los 120 mm y últimamente no llegan a los 60 mm.

Las precipitaciones se concentran entre mayo y agosto, presentando los máximos en junio; entre octubre y marzo, la precipitación es muy escasa. Las temperaturas máximas medias se producen en enero y alcanzan los 25°C. En el caso de las mínimas medias, éstas varían entre 6 y 13°C en julio y enero, respectivamente. En general se puede señalar que el clima del área mayormente productora de papa es templado, por efecto de la cercanía al litoral costero.

Un aspecto negativo de la condición climática es la favorable condición ambiental para el desarrollo del tizón tardío, enfermedad que afecta durante gran parte del año al cultivo en la región. Por otra parte, plagas como la mosca minadora y la polilla de la papa, también son favorecidas por esta condición ambiental.

Condiciones de suelo. Los suelos son muy diversos, fuertemente marcados por la aridez del clima, por procesos de acumulación de sales y el desarrollo de horizontes endurecidos o cementados por carbonatos, presentando en general un importante deterioro. La mala condición física de los suelos es un factor negativo relevante, que afecta el potencial de rendimiento del cultivo. Los suelos son de escasa agregación, presentando una pobre estructura, debido al mal manejo, la erosión hídrica, la no utilización de materia orgánica y la quema

de rastros. Además, el escaso grado de estructuración del suelo disminuye la infiltración y la aireación, afectando el enraizamiento y la absorción de nutrientes, lo que produce mala nutrición de las plantas y las predispone a la pudrición y deformación de los tubérculos.

En muchos suelos de textura franco arcillo arenoso y franco arcilloso, la velocidad de infiltración cae drásticamente a las 2 h de riego, lo que implica un flujo muy lento del agua en profundidad. En suelos franco arenosos este problema no es tan grave, porque presentan una gran macroporosidad, por lo tanto el agua drena con mayor facilidad, pero igualmente estos suelos pueden estar compactados y presentar problemas de infiltración.

Variedades utilizadas. El destino de la producción define en gran medida las características que se le exigen a una determinada variedad, y que debe cumplir para ser aceptada por el consumidor. En esta área, la papa se cultiva durante todo el año, siendo económicamente la más importante para los agricultores la plantación de otoño, para cosechar a fines de invierno y primavera. La mayoría de las variedades comerciales alcanzan el estado de floración entre los 70 y 80 días después de la plantación y el ciclo total del cultivo varía entre 90 y 140 días, siendo frecuente un ciclo de 120 días.

Las variedades de papa más plantadas son: Asterix, Sinfonía, Rodeo, Karú-INIA, Rosara y en los últimos años Patagonia-INIA, ya que presenta bastante tolerancia al tizón tardío. La variedad Cardinal, muy importante en el pasado debido a su resistencia al nemátodo dorado, su menor latencia y buen comportamiento de crecimiento invernal, ha disminuido su superficie de plantación, asociado a su sensibilidad al tizón tardío y su menor calidad culinaria. Observaciones de campo posiblemente también indicarían pérdida de la resistencia al nemátodo y al tizón y una mala calidad de la semilla disponible. Esto se traduce en que la variedad Cardinal presenta un bajo rendimiento en relación a otros cultivares como Karú-INIA, Asterix, Rodeo, Sinfonía, y Desirée plantada en primavera. Otras variedades cultivadas en menor cantidad son Atlantic, Kennebec, Russet Burbank, Schepody y Yagana-INIA, de pulpa y piel amarilla y/o blanca, usadas para la industria.

1.1.1.2. Región de Valparaíso

En esta región terminan los valles transversales para dar paso a los valles longitudinales. Se caracteriza por el comienzo del clima templado con lluvias que van desde los 450 mm por año, lo que permite un desarrollo mayor, tanto de la vegetación como de los caudales de ríos, que aumentan en tamaño y volumen.

En esta región se produce papa en las provincias de Valparaíso, Los Andes,

Petorca, Quillota, San Antonio, San Felipe de Aconcagua e Isla de Pascua. Se caracteriza por una producción destinada principalmente al mercado mayorista de Santiago, con una papa de temprano que sale posterior a la de la Región de Coquimbo y con otra de verano o papa "cuaresmera", que sale en otoño. Los principales sectores productivos son las comunas de Cabildo, Nogales, Catemu y La Ligua.

Época de plantación. La producción se efectúa en dos épocas muy definidas: tarde en invierno, durante los meses de julio-agosto, para cosechar en noviembre/diciembre y los cultivos de verano o de papa "cuaresmera" que se planta entre enero y febrero, para cosechar en abril/mayo. De esta forma, los agricultores buscan mejores precios, entregando al mercado su producción en épocas que no coincidan con la masiva cosecha de la zona sur y con las primeras producciones de la Región de Coquimbo.

Condición de clima. Se caracteriza por presentar un clima templado mediterráneo, pero con algunas variaciones. En los sectores productores de papa del sector norte (valles interiores desde el límite con la Región de Coquimbo hasta Cabildo) se caracteriza por una baja humedad atmosférica, y alta luminosidad. Las lluvias todavía son escasas e irregulares por lo que las sequías son frecuentes en el valle de Petorca y La Ligua. Las lluvias se presentan en invierno y son de origen ciclónico, con totales anuales que superan los 200 milímetros. Sufren grandes variaciones inter anuales: luego de años muy lluviosos se presentan años muy secos.

La zona no recibe influencia oceánica (mayor grado de continentalidad), por lo que la temperatura presenta importante amplitud tanto diaria como anual, registrándose heladas en los sectores bajos en invierno. En el sector más al sur se presenta un clima templado cálido, con lluvias invernales y con una estación seca prolongada (sección media del valle del Aconcagua y de la Cordillera de la Costa). También presenta un mayor grado de continentalidad al distanciarse del litoral y por la presencia de la Cordillera de la Costa; las variaciones térmicas diarias y estacionales se hacen menos homogéneas, en tanto que la humedad relativa disminuye. En invierno son frecuentes las heladas y aumentan a medida que se asciende hacia la Cordillera de Los Andes.

Condición de suelo. Corresponde principalmente a suelos aluviales, con un desarrollo moderado, sobre los que se extiende la mayor parte de la agricultura de riego de la zona, agua que se distribuye a través de canales y embalses.

Varietades utilizadas. En esta área, la práctica de realizar cultivos primores en las zonas norte y central requiere de algunas características muy específicas,

relacionadas con las variedades y su relación con la época de siembra, el estado fisiológico de la semilla para segunda siembra (verano) y aspectos sanitarios relativos al movimiento de tubérculos, ya sea desde la Región de Coquimbo o desde el sur.

La papa de fines de invierno o temprana de primavera se planta cuando los riesgos de heladas son mínimos (agosto), y se extiende hasta septiembre. Ocasionalmente, algunos agricultores siembran en julio, si las condiciones de humedad de los suelos lo permiten. Se usa semilla y papa calibrada, traída desde el sur o producida localmente. Se requieren variedades que tengan: período de reposo corto a intermedio (2 a 4 meses), rápido inicio de la tuberización (formación del tubérculo), rápido llenado del tubérculo, período vegetativo corto a intermedio (90 a 120 días) y habilidad para crecer bajo condiciones subóptimas (fotoperiodo corto, baja luminosidad y bajas temperaturas).

El cultivo de verano o papa “cuaresmera” se planta temprano en enero y como fecha límite la primera quincena de febrero. Lo normal es que los productores hagan una primera siembra temprana de primavera y cosechen entre noviembre y diciembre, seleccionando de este cultivo semilla para una segunda siembra de verano o cuaresmera.

En general, la emergencia y el desarrollo vegetativo del cultivo son rápidos debido a la alta luminosidad y altas temperaturas. Si la brotación no se produce adecuadamente, la emergencia es lenta y poco homogénea, ocasionando en algunos casos la pérdida del cultivo, debido a que el exceso de temperatura del suelo, junto con el riego, pueden quemar los brotes que inician su emergencia en el tubérculo. En este caso las variedades de verano deben tener: corto período de reposo (2 meses) o muy largo (7 meses); rápido inicio de tuberización, rápido llenado de tubérculos, período vegetativo corto a intermedio (90 a 120 días) y tolerancia al calor. Las variedades que cumplen este requisito y por lo tanto más recomendadas para dos siembras en la temporada son: Cardinal, Rosara, Asterix, Pukará-INIA y Karú-INIA.

1.1.1.3. Región Metropolitana

En esta región se inicia la depresión intermedia, que se mantiene hasta la zona sur. Se caracteriza por una diversidad de producción agrícola con cultivos intensivos y uso de riego tecnificado.

La región se constituye por las provincias de Santiago, Chacabuco, Cordillera, Maipo, Melipilla y Talagante. Posee la cuarta mayor superficie con papa de Chile,

destacando las comunas de Melipilla, Curacaví, María Pinto, Buin, Talagante y El Monte.

La producción de papa es realizada en medio de los valles que van recorriendo la cordillera de la costa en dirección hacia el litoral central. En esta región es posible encontrar tres tipos de producción: papa temprana de fines de invierno; papa de primavera o "papa cosecha"; y una producción de verano o papa "cuaresmera". El destino principal, por su cercanía, es el mercado mayorista de Santiago, además de los mercados de Valparaíso y Viña del Mar.

En la región es posible encontrar la mayoría de las empresas que procesan papa, sea en forma industrial (fritas en hojuelas) o artesanales (papa pelada y bastoneada); así como empresas empacadoras que lavan y enmallan papa.

Época de plantación. Las plantaciones de temprano se efectúan de fines de julio a inicios de agosto, pasado el período de heladas; para cosecharlas entre noviembre y diciembre. La plantación de primavera es entre los meses de septiembre a octubre, y es cosechada entre febrero y marzo. La papa "cuaresmera" se planta entre enero y febrero para salir de mayo a junio. En los últimos años existe una tendencia a adelantar plantaciones al mes de diciembre, si las condiciones de producción del cultivo de primavera permitieran obtener "papa semilla" fisiológicamente apta, además de hacerle tratamiento para romper latencia con ácido giberélico.

Si bien se reporta que la plantación de papa temprana representa el 50% del total, la de primavera el 35% y la "cuaresmera" el 15%; estos porcentajes pueden variar ya que los agricultores suelen responder rápidamente a los estímulos del mercado (oferta y demanda), principalmente cuando por condiciones climáticas se afecta la producción de las otras zonas productoras.

Condición de clima. El clima predominante es el mediterráneo, con lluvias que se inician en otoño y aumentan en invierno, mientras que los meses de verano son muy secos. La temperatura media anual es de 13,9° C, en tanto que el mes más cálido corresponde a enero, alcanzando una temperatura de 22,1° C, y el mes más frío corresponde a julio con 7,7° C.

La lluvia alcanza promedios anuales de 356,2 mm, decreciendo desde la costa hacia la depresión intermedia, para aumentar nuevamente en la Cordillera de los Andes. Las precipitaciones son muy irregulares de un año al siguiente. La presencia de la Cordillera de la Costa y el alejamiento del mar son los principales factores que producen las características de continentalidad del clima de la Región Metropolitana.

En esta región se distinguen dos tipos de clima templado de tipo mediterráneo, con estación seca prolongada y frío de alturas en la Cordillera de los Andes. La producción de papas se desarrolla preferentemente en sectores donde predomina el primer tipo (templado mediterráneo con estación seca prolongada). Su característica principal es la presencia de una estación seca y un invierno bien marcado con temperaturas extremas que llegan a cero grados. Los contrastes térmicos son fuertes, en verano las máximas alcanzan valores superiores a 30° C durante el día. Por otra parte, se producen diferencias climáticas locales producidas por el efecto del relieve. Al pie oriental de la Cordillera de la Costa y, debido al rol de biombo climático de ésta, se presentan áreas de mayor sequedad, e incluso con características semiáridas.

Condición de suelo. El paisaje predominante de la Región Metropolitana es de montaña (cerca de 75% de toda su superficie). Aunque el más percibido por sus habitantes es de valle, con vegetación de cultivos típicos de clima templado cálido; y el urbano. La región está sometida a un proceso de transformación que tiende a acentuarse y cuyos efectos se expresan en variadas formas de degradación de los recursos naturales y contaminación. En esta zona se encuentra la mayoría de los suelos clase I a III, que en el país representan menos del 1,4% del total.

La depresión intermedia presenta rasgos de relieve que determinan una serie de cuencas. La primera de ellas es la del río Maipo, que ha sido modelada por el depósito de sedimentos glaciales, aluviales y fluviales, y por potentes capas de cenizas provenientes sobre todo de las erupciones del volcán Maipo. En ciertos sectores estas alcanzan los 20 m de espesor.

Variedades utilizadas. Por estar cercano al principal mercado del país, la producción se distribuye entre muchas variedades, similares a las producidas en las regiones de Coquimbo y de Valparaíso. Las plantadas son: Desirée, Pukará-INIA, Karú-INIA, Asterix, Sinfonía, Rodeo, Rosara, Patagonia-INIA y Cardinal. Otras variedades cultivadas en menor cantidad son Atlantic, Kennebec, Russet Burbank, Schepody y Yagana-INIA. En los últimos años ha aumentado el uso de la variedad Pukará-INIA puesto que, por tener una latencia corta permite el uso de "papa calibrada usada como semilla propia", cosechada en diciembre-enero (plantaciones de fines de invierno), para plantaciones de verano.

1.1.2. Zona centro sur

Esta zona incluye las provincias de O'Higgins, Maule y Biobío. Se caracteriza por una producción ubicada en la depresión intermedia, bajo condición de riego,

donde el cultivo compite con una producción agrícola muy diversificada. Por otra parte, es posible encontrar importantes zonas productivas en los sectores costeros del Maule y principalmente en la Región del Biobío. Es una zona de transición productiva, desde una condición eminentemente de riego hacia una producción de secano. La provincia del Maule ya muestra un 11,3% de la superficie de papa bajo condición de secano, aumentando a un 67,6% en la Región del Biobío.

1.1.2.1. Región del Libertador Bernardo O´Higgins

Su principal actividad productiva es agropecuaria-silvícola aportando un 22,3% al PIB regional. El uso del suelo alberga una producción muy diversificada donde predominan los frutales, seguidos de plantaciones forestales, cereales y viñas.

Dentro de las regiones productoras de papa, ésta es la que tiene la menor superficie plantada (1.687,1), destacando la provincia del Cachapoal con una superficie de 1.430,8. La comuna de Las Cabras es la principal productora, con un total de 801,4 ha, la mitad de superficie de toda la región. Otras comunas de menor importancia son Doñihue y Rancagua.

Época de plantación. Se diferencian tres períodos de producción: papa de guarda entre septiembre y abril; papa temprana, entre julio y diciembre; papa “cuaresmera”, entre enero y mayo. En los primeros tipos de producción, los rendimientos pueden alcanzar hasta 40 t/ha, mientras que en la “cuaresmera” se alcanzan 25 t/ha.

Condición de clima. Predomina el clima templado con oscilaciones térmicas moderadas. Aumentan las precipitaciones de norte a sur y de oeste a este concentrándose en los meses de invierno.

En la depresión intermedia, zona donde se producen las papas, encontramos un clima templado cálido con lluvias invernales tipo Mediterráneo, extendiéndose desde el cordón de Chacabuco por el norte hasta las cercanías de la ciudad de Victoria, por el sur. Las precipitaciones se concentran preferentemente en invierno, alcanzando un promedio que puede exceder los 450 mm al año.

Condición de suelo. La depresión intermedia se presenta con formas planas generadas por el acarreo de materiales, principalmente de origen glacio-fluvio-volcánico, destacando al norte de la región la cuenca de Rancagua, que se extiende desde Angostura del Paine hasta Angostura de Pelequén por el sur, alcanzando una longitud de 60 km y un ancho aproximado de 25 km. Las características del relieve más importantes son la presencia de cuatro fajas

longitudinales: Cordillera de los Andes, Depresión Intermedia, Cordillera de la Costa y Planicies Costeras.

Variedades utilizadas. Las variedades que son posibles de encontrar corresponden a: Amadeus, Ultimus, Asterix, Cardinal, Karú-INIA, Ona, Pukará-INIA, Yagana-INIA y Patagonia-INIA.

1.1.2.2. Región del Maule

La economía de la Región del Maule se basa principalmente en la agricultura, proveedora de materias primas para las industrias vitivinícola, molinera, azucarera, aceitera, maderera y de celulosa. A los cultivos tradicionales de trigo, leguminosas y papas se suman los cultivos industriales de remolacha y arroz. Al igual que las regiones antes señaladas, también se caracteriza por una diversidad de producción agrícola con cultivos intensivos y uso de riego tecnificado. La actividad silvoagropecuaria aporta más de un 32% del producto geográfico bruto regional.

La región se constituye por las provincias de Cauquenes, Curicó, Linares y Talca. De acuerdo con el Censo Agropecuario 2007, posee una importante superficie plantada con el cultivo (3.341,74 ha), donde destacan la provincia de Linares (1.510,34 ha) y Talca (1.105,7 ha). Las comunas con mayor producción son Yerbas Buenas, San Javier, San Clemente, Colbún; y en el borde costero, Chanco y Pelluhue.

Época de plantación. Si bien es posible diferenciar tres períodos de producción, en la Región del Maule predomina la papa de primavera verano, que se planta entre agosto y septiembre para cosechar en marzo; y, papa de verano que se planta desde mediados de enero a febrero, para cosechar en mayo. Los rendimientos esperables son de 35 t/hay 25 t/ha, respectivamente. Existe una tendencia a realizar plantaciones tempranas, a salidas de invierno, con variedades precoces con el objetivo de obtener de la plantación comercial, tubérculos que se usan como "semilla", para una segunda plantación en el mes de enero.

Condición de clima. La Región del Maule presenta clima mediterráneo templado de estación seca y lluviosa de igual duración, el cual marca el inicio de la zona centro sur de Chile. Los veranos son comúnmente cálidos y secos, al contrario de los inviernos que suelen ser lluviosos y frescos, con frecuentes heladas influidos por el efecto continental. Las precipitaciones van desde 700 mm en los valles hasta 2.140 mm en la cordillera maulina. Las medias generales de temperatura en verano son de 20 °C, con gran cantidad de días soleados y horas de luz. Los inviernos son templados, con temperaturas medias de 7 °C en los valles, pudiendo

llegar a temperaturas de -5°C en ciudades como Talca o Linares. La nieve es común en los sectores precordilleranos y cordilleranos, que se transforma en el principal afluente de riego para la agricultura durante el periodo estival.

Condición de suelo. Se reconocen las siguientes zonas geomorfológicas: Cordillera de los Andes, Depresión Intermedia, Cordillera de la Costa y Planicies Litorales. Las principales zonas productoras se ubican en el sector de la depresión intermedia, donde se realiza un cultivo bajo condición de riego. Esta zona es una planicie suavemente ondulada, que ha sido rellenada con sedimentos provenientes del vulcanismo, la acción fluvial y los procesos glaciares. De igual forma es posible encontrar producción de papa en las planicies litorales (suelos de veга) particularmente en localidades como Pelluhue y Curanipe.

Variedades utilizadas. Existe una gran cantidad de variedades que son usadas en la región. Entre ellas es posible encontrar: Desirée, Pukará-INIA, Karú-INIA, Amadeus, Ultimus, Asterix, Cardinal, Rodeo, Rosara y Patagonia-INIA. La variedad Ultimus se utilizaba para las plantaciones de temprano, siendo desplazada por variedades de latencia corta y comportamiento más precoz como es el caso de Pukará-INIA y en menor medida por Rosara y Asterix.

1.1.2.3. Región del Biobío

La región se constituye por las provincias de Arauco, Biobío, Concepción y Ñuble. De acuerdo con el Censo Agropecuario 2007, posee una superficie de 8.292,88 ha de papas, concentradas en las provincias de Ñuble (3.920,63 ha) y Arauco (3.218 ha). Si bien Arauco era la provincia tradicionalmente productora de papa en la región, en los últimos años ésta ha aumentado fuertemente en la provincia de Ñuble, donde además de la agricultura campesina, el cultivo se ha expandido entre los medianos y grandes agricultores. En Ñuble las principales comunas productoras son San Ignacio y El Carmen donde las condiciones de suelo y clima permiten a los agricultores efectuar plantaciones de muy buen desarrollo, destinando parte de la producción a generar "semilla local" de buena calidad que se comercializa en la zona y hacia sectores productivos del Maule. En la provincia de Arauco las principales comunas productoras son Cañete, Tirúa y Los Álamos. De igual forma, en el borde costero norte de la provincia de Ñuble existe una importante producción de papa en las comunas de Cobquecura y Coelemu.

Es necesario señalar que la provincia de Arauco, por sus características edafoclimáticas, donde predomina la condición de cultivo de secano, y por su condición de zona productora de semilla debe considerarse dentro de la zona sur de producción. Las otras provincias deben ser consideradas como zona centro sur, donde predomina la condición de cultivo bajo riego.

Época de plantación. En el borde costero norte de la región, la plantación de papa se realiza bajo condición de secano y de riego, en suelos de vega. La principal fecha de plantación corresponde al mes de noviembre con ciclo de cultivo de 120 a 130 días; para iniciar la cosecha a partir del mes de marzo, con rendimientos que alcanzan las 20 a 25 t/ha.

En los sectores de San Ignacio y El Carmen los cultivos se establecen bajo condición de riego principalmente en octubre, posibilitando periodos de desarrollo largos de 140 a 150 días con inicio de la cosecha a partir de marzo y obteniendo rendimientos de 35 a 40 t/ha.

En la provincia de Arauco, cuando la producción se destina a papa de temprano, las plantaciones se inician a mediados y fines del mes de agosto, para cosechar en diciembre con rendimientos de 15 y 25 t/ha. La papa de guarda se establece entre septiembre y octubre, para cosechar a partir de marzo, con rendimientos que fluctúan de 25 a 30 t/ha. En las últimas temporadas, los agricultores han incorporado uno o dos riegos al cultivo, posibilitando el aumento del rendimiento entre 35 y 40 t/ha.

Condición de clima. Desde el punto de vista climático, la región marca la transición entre los climas templados secos de la zona central de Chile y los climas templados lluviosos que se desarrollan inmediatamente al sur del río Biobío.

Se distinguen tres subclimas de acuerdo a la duración de la estación seca y la influencia oceánica. En la franja costera y en los sectores altos y laderas occidentales de la Cordillera de la Costa se presenta un clima templado húmedo, con una humedad constante y precipitaciones que fluctúan entre 1.200 mm y 2.000 mm anuales de norte a sur de la región. Cabe señalar que en la parte sur de esta franja, el clima es templado lluvioso con influencia marítima, muy determinado por la presencia de la parte más alta de la Cordillera de Nahuelbuta. En el valle longitudinal, las temperaturas presentan un mayor contraste entre día y noche. En la parte norte de la región predomina el clima templado mediterráneo abarcando toda la zona intermedia, bordes orientales de la Cordillera de la Costa y los sectores más bajos de la precordillera.

Condición de suelo. En la región se pueden distinguir cinco órdenes de suelo. Encontramos suelos que corresponden a planicies litorales, que son ácidos, con un contenido alto de arcillas, de escaso desarrollo, presentes en las zonas de Cobquecura y en la desembocadura del río Itata.

En la depresión intermedia predominan los sedimentos glacio fluvio volcánico

que carecen de horizontes desarrollados, asociados al arrastre por los ríos y se ubican cerca de ríos y cursos de agua.

En sectores de escasa pendiente, en los valles y montañas más bajas de la Cordillera de los Andes se encuentran suelos jóvenes con horizontes débilmente desarrollados, con bajo contenido de materia orgánica. Gran parte de estos suelos se han generado a partir de cenizas volcánicas y, por lo general, se les llama "trumaos".

En la Cordillera de la Costa y cerca del mar, se encuentran suelos de mayor desarrollo en horizontes o capas, con abundante materia orgánica, desarrollándose bajo vegetación de pradera y arbórea. Por último están los suelos de desarrollo más avanzado que se presentan en áreas con mayores precipitaciones, pero donde aún persiste una estación seca. El superávit de precipitación los hace ser fácilmente erosionables, son por lo general muy lixiviados, es decir, el paso del agua ha arrastrado compuestos solubles. Estos suelos se localizan principalmente en la cordillera de Nahuelbuta.

Variedades utilizadas. En la zona costera norte de la región se cultivan las variedades Desirée, Pukará, Karu, Patagonia-INIA, Cornado, Asterix. En los últimos años se ha establecido la variedad Patagonia-INIA, que en opinión de los agricultores les da más "seguridad" de producción. En la zona ha tenido un buen comportamiento y permite obtener rendimientos comerciales antes que otras variedades; situación importante, ya que la fecha de plantación normalmente es en noviembre y los ciclos productivos pueden ser cortos, de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes.

En los sectores de San Ignacio y El Carmen se utilizan las variedades Desirée, Pukará-INIA, Karú-INIA, Patagonia-INIA, Rosara, Asterix. En las últimas temporadas ha crecido el interés por establecer la variedad Pukará-INIA en forma temprana, posibilitando obtener semilla para una segunda plantación de verano.

En la provincia de Arauco es posible encontrar diferentes variedades. En papa consumo para guarda que representa la mayor superficie cultivada, la principal variedad sigue siendo Desirée (80%) seguida de Karú-INIA, Pukará-INIA y Patagonia-INIA (en los últimos años). En papa para temprano se utiliza principalmente Karú-INIA seguida de Pukará-INIA, Desirée y en los últimos años Patagonia-INIA. En papa para semilla se multiplica Desirée, Pukará-INIA, Karú-INIA, Patagonia-INIA, Rodeo, Cornado.

1.1.3. Zona sur

Esta es la principal zona productora de papa y comprende la provincia de Arauco en la Región del Biobío y las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. Se caracteriza por desarrollar un ciclo de cultivo por temporada, principalmente bajo condición de secano y en forma minoritaria bajo riego, tecnología que se ha incorporado en los últimos 10 años. De igual forma, esta zona está autorizada para producir tubérculos semilla de papa corriente y certificada. Además, en ella se encuentran los principales centros tecnológicos y de investigación del rubro y la totalidad de las empresas productoras de semilla de papa.

Las condiciones edafoclimáticas de la zona sur son las ideales para el desarrollo del cultivo. Las mayores precipitaciones y humedad ambiente, el diferencial de temperaturas diurnas y nocturnas que favorece la tuberización y las características que presentan los suelos, facilita en forma natural su crecimiento. En la zona sur el cultivo de papa tiene un alto impacto social, puesto que es sembrada mayoritariamente por pequeños agricultores. Debido a que la producción agrícola está poco diversificada, a nivel de agricultura familiar no existen otras alternativas; siendo en algunas comunas y localidades, el más importante y que mayor aporte hace al ingreso familiar.

1.1.3.1 Región de La Araucanía

Es la región con la mayor superficie plantada de papa del país, concentrando su producción en el sector del borde costero de la provincia de Cautín. Sin embargo, el cultivo se ha expandido a otras zonas productoras, especialmente en el sector del valle central regado y hacia el inicio de la precordillera.

La principal actividad comercial es la producción de papa en fresco para los mercados mayoristas de la Región Metropolitana, seguido de los mercados de Concepción, Temuco, Valdivia y Punta Arenas, y algunas partidas que se envían a la zona norte. Otras actividades, pero de menor magnitud, son la producción de papa para temprano y de semilla.

En la provincia de Malleco las principales comunas productoras son Purén y Traiguén, sin embargo, en los últimos años se han incorporado establecimientos en las comunas de Victoria y Curacautín.

En Cautín se concentra la mayor producción con 13.039,8 ha, siendo las comunas de mayor importancia productiva Teodoro Schmidt, Carahue, Saavedra, Freire, Toltén, Imperial y Vilcún.

Época de plantación. Se distinguen tres épocas de plantación bien características: plantaciones de temprano, mediana estación y tardía.

La plantación de temprano se efectúa principalmente en las comunas de Carahue y Saavedra y en todo el borde costero de la región, que representa aproximadamente el 10% de la producción regional. La “papa de temprano”, se establece entre julio y agosto y se cosecha y comercializa de noviembre a diciembre. El cultivo se desarrolla bajo condición de secano con un ciclo que fluctúa entre 110 y 120 días, y con rendimientos de 15 a 25 t/ha.

La plantación de mediana estación, se efectúa principalmente en los sectores del interior de las comunas del borde costero, hasta el inicio del valle central o depresión intermedia. Representa alrededor del 70 % de la producción regional y se destina mayoritariamente a papa de guarda. Las plantaciones se efectúan desde fines agosto a la primera quincena de octubre para tener cultivos en condiciones de cosecha a partir del mes de enero. En este caso, el desarrollo del cultivo fluctúa entre 120 a 150 días, con rendimientos que van de 25 a 30 t/ha bajo condición de secano y 40 a 50 t/ha bajo condición de riego.

La plantación tardía, se destina principalmente a papa de guarda y se realiza en tres sectores bien característicos. El área que va desde el valle central hacia la precordillera, efectúa las plantaciones desde mediados de octubre a noviembre para cosechar a partir de abril. Los ciclos son de 120 a 140 días con rendimientos de 20 a 25 t/ha bajo condición de secano y 35 a 45 t/ha bajo condición de riego. El área correspondiente a cerros altos de la cordillera de la costa efectúa su plantación desde noviembre a la primera quincena de diciembre, estando los cultivos en condiciones de cosecha a partir de abril. Los cultivos son de secano con ciclos de 120 a 140 días de desarrollo y rendimientos de 25 a 35 t/ha. El área correspondiente a los suelos de vegas efectúa su plantación desde noviembre a diciembre, observándose algunas plantaciones que pasan para enero; están en condiciones de cosecha a partir de abril. Bajo condiciones de riego se han obtenido rendimientos superiores a las 55 t/ha.

Condición de clima. La región presenta características predominantes de clima templado oceánico lluvioso que se localiza de preferencia en la Cordillera de la Costa y la precordillera andina. Esta última zona también presenta características de mayor continentalidad debido a su relativo alejamiento del mar. Esto provoca un mayor contraste en las temperaturas, encontrándose mínimas de 2°C y máximas de 23°C en los meses más calurosos. Las precipitaciones varían entre 1.500 y 2.500 mm, produciéndose los periodos secos de uno a dos meses.

El cordón de cerros de Nahuelbuta atrapa la influencia oceánica y los vientos

húmedos, disminuyendo las precipitaciones y aumentando los períodos secos, sector que corresponde al secano interior. En la costa existe una variedad denominada clima templado oceánico de costa occidental, que se caracteriza por abundante humedad relativa y precipitaciones entre 1.000 y 1.500 mm, es en lo alto de la Cordillera de la Costa donde se producen las mayores lluvias. Presenta temperaturas más moderadas y un período libre de heladas de 4 a 5 meses.

Condición de suelo. Los sedimentos de las actividades volcánicas, a través de procesos erosivos de las glaciaciones, fueron acarreados y depositados en la precordillera y en el valle longitudinal, dando origen a los suelos “trumaos”. Hacia la Cordillera de la Costa se encuentran suelos pardos rojizos, provenientes de cenizas volcánicas antiguas, tanto en los sectores altos como intermedios de los cerros. Estos suelos se presentan muy descompuestos, con textura arcillosa y bajos en materia orgánica en la parte noroeste de la región (llanos o vegas de Purén). Otros suelos han evolucionado sobre terrazas marinas y depósitos aluviales recientes.

Variedades utilizadas. La oferta regional de papa corresponde fundamentalmente a “papa de guarda” de piel roja donde predominan la variedad Desirée, Karú-INIA y Asterix, seguidas de Pukará-INIA, Patagonia-INIA y Rodeo. En un segundo nivel se encuentran variedades tales como Rosara, Cardinal y Yagana-INIA, y en un tercer nivel con muy baja participación las variedades FL’s, Cornado, Romano, Granola, Symfonia, Atlantic y Shepody.

En la producción de papa de temprano, la principal variedad es Karú-INIA, seguida de Pukará-INIA y últimamente Patagonia-INIA. La tendencia es la disminución notoria de Desirée, Cardinal y Rosara, siendo reemplazadas por variedades semiprecoces de latencia corta y/o de rápida tuberización. De igual forma, en el sector costero de Saavedra y Carahue, se ha incrementado en los últimos años el uso de la variedad Pehuenche, que por sus características ha sido mantenida por los agricultores de estas comunas durante más de 20 años.

En papa de mediana estación, en el ámbito de la agricultura familiar aún prevalece la variedad Desirée, seguida de Karú-INIA y Patagonia-INIA. En la agricultura empresarial la variedad con mayor presencia es Asterix, seguida de Karú-INIA y Rodeo; y, en menor proporción por el resto de las variedades. En este caso se prefieren variedades semitardías que posibiliten ciclos más largos.

Para papa tardía en el sector costero se utiliza Desirée, Karú-INIA y en menor grado Patagonia-INIA. Hacia el valle central de riego prevalece Asterix, Karú-INIA y Rodeo. En ambas condiciones se buscan variedades semitardías que tengan mayor latencia y que toleren periodos de guarda prolongada.

1.1.3.2. Región de Los Ríos

Si bien la región se crea el año 2007, la zona históricamente ha sido importante productora de papa. Constituida por las provincias de Valdivia (1.683,1 ha) y Ranco (2.274 ha); el sector productivo más importante es Río Bueno-La Unión con 1.205,9 y 569,5 ha respectivamente, seguido por las comunas de Paillaco (613,7 ha), Panguipulli (364,3 ha) y Mariquina (297,6 ha). La producción corresponde a papa de guarda destinada principalmente al mercado mayorista de Santiago.

Época de plantación. La principal época de plantación del cultivo es de primavera con fechas de plantación desde fines del mes de septiembre a noviembre, para realizar la cosecha a partir de marzo. La zona permite realizar ciclos de producción largos que fluctúan entre los 130 a 150 días, posibilitando la obtención de altos rendimientos (35 y 50 t/ha), destinados fundamentalmente a papa de guarda. Cabe señalar que en el ámbito de agricultores empresariales de alto nivel tecnológico de producción, se señalan rendimientos que alcanzan las 60 t/ha. Para la producción de tubérculos semilla los ciclos van de 80 a 120 días con rendimientos que fluctúan entre 30 y 40 t/ha.

De igual forma, es posible encontrar una época temprana de plantación, que se realiza en la ribera de los grandes lagos y las zonas costeras; particularmente en Lago Ranco y en menor grado entre los lagos Calafquén y Panguipulli y en sectores de la Cordillera de la Costa en la comuna de La Unión. Las plantaciones se inician en los meses de julio y agosto para cosechar en diciembre con ciclos productivos cortos que fluctúan entre los 100 y 120 días, posibilitando la obtención de rendimientos de 20 a 30 t/ha.

Condición de clima. El clima que presenta esta región es templado oceánico o lluvioso, con la ausencia de período seco, con una temperatura promedio de 11 °C, con una baja oscilación térmica en la costa producto de la influencia marítima; aunque en invierno hay temperaturas bajo cero. Las precipitaciones son realmente considerables y en la zona costera superan anualmente los 2.000 mm de agua caída durante todo el año y principalmente durante los meses de invierno, lo que la convierte en una de las zonas más lluviosas del país.

Condición de suelo. En la depresión intermedia, los suelos están formados por el acarreo glacial y fluvial con depositación de gran cantidad de sedimentos.

La Cordillera de la Costa se presenta baja y ondulada, recibiendo el nombre de cordillera de Mahuidanche, descendiendo en altura hacia el sur hasta ser interrumpida por el río Valdivia. Desde aquí al sur, y proyectándose a la Región de Los Lagos, la cordillera recibe diversas denominaciones, presentándose un

poco más robusta, lo cual va a ejercer un importante efecto de biombo climático sobre las localidades de la depresión intermedia.

Variedades utilizadas. En esta región se encuentran las principales empresas productoras de semillas y creadoras u obtentoras de variedades. En plantaciones comerciales se encuentran variedades para “papa de guarda” de piel roja para el mercado nacional, para uso industrial (en menor volumen) y en los últimos años para exportación. Para papa de guarda las más importantes son Karú-INIA, Rodeo y Asterix, seguidas de Desirée, Patagonia-INIA y Rosara. En papa industrial se encuentran Atlantic, Verdi y las FL’s. Para papa de temprano son Pukará-INIA y Karú-INIA.

1.1.3.3. Región de Los Lagos

Constituida por las provincias de Chiloé, Llanquihue, Osorno y Palena. Posee la segunda mayor superficie con el cultivo de papa del país. Se caracteriza por su alta producción, nivel de rendimiento y por reunir a las principales empresas productoras de semilla de Chile. Posee la mayor superficie con semilla certificada; es la principal abastecedora de semilla para el país y la única que exporta semilla de papa. La principal actividad comercial es la producción de papa en fresco para el mercado nacional, seguida de la producción de semilla para el mercado nacional y de exportación, y de papa para la industria. El más alto volumen se concentra en la Provincia de Llanquihue, donde destacan las comunas de Los Muermos, Calbuco, Fresia, Puerto Varas y Llanquihue.

La segunda área de importancia es la provincia de Chiloé, donde las comunas más importantes son Ancud, Castro, Quinchao, Quemchi, y Chonchi. Cabe destacar que en Chiloé se encuentra una alta diversidad de ecotipos nativos de papa, siendo considerado un sub centro de origen de este cultivo.

Una tercera zona de importancia es el sector de Osorno, Puerto Octay y Purranque.

Época de plantación. Las primeras plantaciones se realizan a partir de julio y agosto correspondiente a papa de temprano que se realiza en la ribera del lago Llanquihue, en zonas altas de la Cordillera de la Costa (San Pablo, Los Muermos) o en islas cercanas a Puerto Montt o del Archipiélago de Chiloé. La cosecha se efectúa a partir de diciembre con ciclos productivos cortos que fluctúan entre los 100 y 120 días, posibilitando la obtención de rendimientos de 20 a 30 t/ha.

La principal época de plantación ocurre a fines de septiembre a fines de noviembre, para realizar la cosecha a partir de marzo hasta mayo. En esta época

se establecen los semilleros con ciclos de producción que fluctúan entre los 80 a 120 días. De igual forma se establecen la papa de guarda y la papa para la industria, con ciclos de desarrollo de 130 días para variedades precoces y 150 días para tardías; posibilitando la obtención de altos rendimientos.

Condición de clima. El clima que presenta esta región es templado oceánico o lluvioso, con influencia mediterránea y ausencia de período seco. Las precipitaciones anuales varían entre los 1.500 mm en la depresión intermedia y 4.000 mm en las cuencas cordilleranas, las que se concentran en el período de mayo a septiembre. En términos anuales, la temperatura media del área es bastante estable, variando entre los 9 y 11° C para alturas inferiores a los 300 metros sobre el nivel del mar (msnm). No obstante el efecto oceánico, toda el área presenta períodos con heladas entre abril y septiembre, las que aumentan alejándose del litoral.

Condición de suelo. Una de las características más importantes de esta región, es que es la última en la cual se pueden apreciar las franjas tradicionales del relieve chileno. Desde Puerto Montt al sur, desaparece la depresión intermedia, invadida por las aguas. Es ahí donde los suelos están formados por el acarreo glacial y fluvial, con depositación de gran cantidad de sedimentos.

Variedades utilizadas. Al igual que en la Región de Los Ríos, debido a que en estas regiones se encuentran las principales empresas productoras de semillas, además de las creadoras u obtentoras de variedades, se presenta la mayor diversidad de variedades establecidas, tanto de papa para consumo como para semillas. Comercialmente se sigue produciendo “papa de guarda” de piel roja para el mercado nacional, siendo las variedades más importantes Karú-INIA, Rodeo y Asterix, seguidas de Patagonia-INIA y Rosara. En papas de piel blanca aún es posible encontrar Yagana-INIA y Baraka. En papas de temprano las principales variedades utilizadas son Pukará-INIA y Karú-INIA, aun cuando se sigue usando en forma importante Desirée. Otras variedades que se podrían usar para temprano son Synfonia, Cardinal, Asterix y Amadeus que tienen latencia y período vegetativo más corto. En papa industrial se encuentran Atlantic, Verdi, las FL's, Shepody, Yagana-INIA.

Cuadro 1.1. Variedades de papa en certificación.

Variedad	Productor
Adara-Ns	Novaseed Ltda.
Agata	Semillas Llanquihue
Asterix	Semillas Sz
Atlantic	Semillas Llanquihue - Comercializadora Y Productora de Semillas Pacífico
Baraka	Willem Bierma
Cardinal	Semillas Sz - Armando Aguila C.- Willem Bierma
Cornado	Willem Bierma
Desiree	Semillas Sz - INIA- E.e. Puerto Octay - Willem Bierma
Fl - 1867	Evercrisp Snack S.A.
Fl - 1879	Evercrisp Snack S.A.
Innovator	Semillas Sz
Kaia-Ns	Novaseed Ltda.
Karú-INIA	INIA
Kuyén-INIA	INIA
Markies	Semillas Llanquihue
Monalisa	Semillas Sz
Patagonia-INIA	INIA
Pukara-INIA	INIA -E.e. Puerto Octay- Willem Bierma
Puyehue-INIA	INIA
Red Scarlett	Semillas Sz
Red Fantasy	Semillas Llanquihue
Rodeo	Semillas Sz- Armando Aguila Carrasco; Willem Bierma - Semillas Llanquihue
Romano	Armando Aguila Carrasco
Rosara	Willem Bierma
Shepody	Willem Bierma
Symfonia	Semillas Sz
Trauko - Ns	Novaseed -Ns
Vr 808	Novaseed -Ns
Yagana-INIA	INIA - Armando Aguila-Willem Bierma

CAPÍTULO 2

2.1. Fertilización del cultivo de papa

2.1.1. Concepto de fertilidad y productividad de los suelos

El suelo es el medio en el cual los cultivos crecen y se desarrollan, siendo vital su fertilidad desde el punto de vista productivo. Sin embargo, factores como mal drenaje, insectos, sequía, enfermedades y otros pueden limitar la producción de los cultivos, aún cuando el suelo tenga una fertilidad adecuada.

Tanto el agua como el aire ocupan los espacios porosos del suelo, por lo cual aquellos factores que afecten las relaciones hídricas necesariamente influenciarán el aire del suelo. A su vez, los cambios en la humedad también incidirán en la temperatura de éste. La disponibilidad de los nutrientes está afectada por el balance entre el agua y suelo, y su temperatura. El crecimiento radicular también es influenciado por la temperatura, aire y agua del suelo.

2.1.2. Extracción de nutrientes por parte de la papa

La capacidad de absorción de elementos nutritivos de la papa está fuertemente relacionada con el desarrollo radicular, es decir, con el volumen de raíces, profundidad que ellas alcanzan y época en que éstas se desarrollan. Una abundante masa radicular puede explorar un amplio volumen de suelo, asegurando de este modo el abastecimiento de nutrientes de la planta. Debido a su limitado sistema radicular (en relación a otras especies vegetales), la papa extrae desde los primeros 30 cm la mayor proporción de los elementos nutritivos que requiere. Otra característica del sistema radicular de la papa es que durante los primeros cincuenta días se desarrolla principalmente en forma horizontal, cubriendo aproximadamente un radio de 40 cm desde el tallo. En consecuencia, existe un gran volumen de raíces cercano a la superficie, que posteriormente crecen en profundidad. Esta condición hace deseable que el volumen superior del suelo sea lo suficientemente rico en nutrientes minerales para asegurar un abundante desarrollo de raíces y vegetación.

La necesidad de fertilizar el cultivo de papa obedece a una demanda de nutrientes minerales generada por las plantas, debido a un bajo suministro de éstos desde el suelo. La papa como la mayoría de las especies vegetales demanda una gran cantidad de nutrientes, los cuales se encuentran en cantidades variables en los suelos, dependiendo del manejo histórico y de corto plazo de ellos, así como de las características mineralógicas. Estos factores determinan

que la disponibilidad de los nutrientes sea muy variable, siendo la fertilidad de los suelos y la fertilización de estos muy dispar entre uno y otro. La mejor forma de establecer un diagnóstico de la fertilidad de los potreros es mediante un adecuado muestreo y posterior análisis completo de fertilidad, todo ello asociado con una óptima interpretación de estos análisis.

Cuadro 2.1. Extracción de algunos nutrientes por el cultivo de papa, según varios autores.

Tubérculos Ton/ha	Kg / ha de:						Referencia
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	CaO	S	
20	110	20	140	20	50		Boguslawski, 1981
25 t+f	108	43	175				Gruner, 1963
25 t+f	120	45	200				Jacob y Uexkull, 1964
30	140	26	200	25	60		Boguslawski, ,1981
30 t+f	150	56	270				Gruner, 1963
30	150	60	350	30	90		Beukema, 1979
38 t+f	224	67	336				Dahnke y Nelson 1976
40	170	32	300	30	70		Boguslawski, 1981
40 t+f	120	55	221				Kupers, 1972.
63	288	128	396	35	14	26	Tisdale y Nelson, 1975
94	300	80	480	52			Sierra y Rojas, 1989

t = tubérculo f = follaje

(Fuente: citado por Contreras, A. 1991 y Sierra, C. 2002)

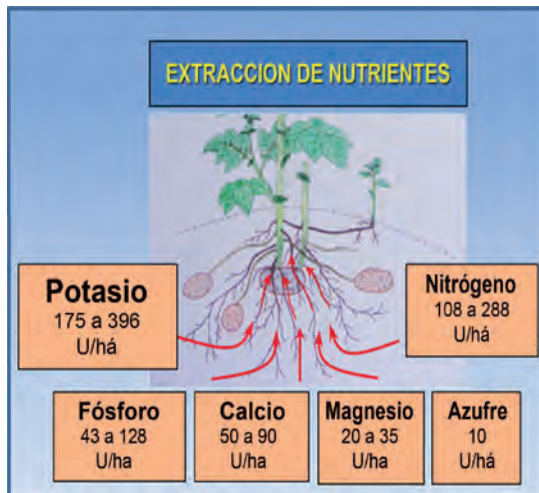


Figura 2.1. Rango de extracción de nutrientes por el cultivo de papas.

En la literatura se señala una diferente extracción de nutrientes, dependiendo del autor en referencia, esto se debe a los distintos ambientes de estudio y cambios en las variedades utilizadas. Sin embargo, es posible señalar que el potasio es extraído en mayor cantidad por la papa, con 175 a 396 kg de K₂O, luego sigue el nitrógeno con 108 a 288 kg de N y finalmente el fósforo con 43 a 128 kg de P₂O₅. En las condiciones de siembra de la principal zona productora, el nutriente más utilizado es el fósforo, debido fundamentalmente a los problemas de fijación de éste en los suelos del sur de Chile. Sin embargo, la fertilización nitrogenada y potásica también es importante debido a los altos niveles de extracción del cultivo. Además de los datos obtenidos por Tisdale y Nelson se desprende que la devolución de nutrientes al suelo, vía follaje, es importante y representa alrededor de un 60% del nitrógeno, 70% del fósforo, 75% del potasio, 35% del magnesio y de un 50% del azufre.

La papa tiene un ciclo vegetativo muy corto, aproximadamente 80 días después de la brotación hasta la máxima acumulación de materia seca (80% de la superficie foliar) que corresponde a floración. Necesita una rápida absorción de nutrientes en sus estados iniciales, dado el corto período en que debe completar su ciclo vegetativo. La nutrición equilibrada es importante hasta la época de floración para desarrollar una gran superficie foliar. La acumulación de materia seca, su distribución y reparto en el follaje y los tubérculos ocurre en un período corto de tiempo; primero con un abundante crecimiento de follaje que después de los 70 a 80 días se estabiliza y continúa con la remoción de materia seca hacia los tubérculos, que aumentan su crecimiento hasta 130 a 140 días después de la plantación.

La necesidad de N y P aumenta paulatinamente durante todo el período del cultivo, alcanzando el 90% de la absorción acumulada cuando se ha cumplido un 68% de su período de desarrollo. El K presenta una baja tasa de absorción durante los primeros estados de desarrollo, manifestando un incremento una vez cumplido el primer tercio de crecimiento, lo que coincide con el inicio de la formación y desarrollo del tubérculo. La máxima tasa de absorción es durante el tercio medio de existencia del cultivo. La mayor parte del K extraído por la planta se concentra en el tubérculo.

El Ca presenta una importante acumulación durante los primeros estados de desarrollo. El Mg tiene un comportamiento intermedio entre el observado para la acumulación de N y K, con un incremento paulatino durante el primer tercio de desarrollo y un fuerte incremento durante el segundo tercio. El Ca y Mg se acumulan principalmente en los residuos aéreos de la planta, al término del cultivo.

La acumulación de los micronutrientes Zn, Cu y B se concentra durante el segundo tercio del período de desarrollo del cultivo, en tanto que el Mn presenta una gran acumulación en el período inicial, asociado a las reservas presentes en el tubérculo usado en la plantación.

2.1.3. Estimación de la fertilización

La fertilización de un cultivo depende de la demanda de éste, que se estima según el rendimiento esperado y el suministro del suelo. La demanda se puede analizar mediante estudios, considerando que los fertilizantes aplicados al cultivo presentan una determinada eficiencia de utilización.

2.1.3.1. Nitrógeno

El nitrógeno es uno de los nutrientes de mayor impacto en la producción y representa un elemento necesario para la multiplicación celular y el desarrollo de los órganos vegetales. En las plantas, el nitrógeno forma parte de los aminoácidos, compuestos nitrogenados que se unen entre sí para formar las proteínas. El nitrógeno es adsorbido por la planta en forma nítrica, nitratos (NO_3^-), presentes en el suelo, y en menor grado en forma amoniacal (NH_4^+).

En la papa el nitrógeno se concentra principalmente en los tubérculos, estimándose que el 80% del nitrógeno adsorbido se vuelve a encontrar en ellos. El nitrógeno es el elemento más difícil de precisar en cuanto a su dosificación, debido a que su suministro es fuertemente afectado por la temperatura del suelo y además, la mineralización del N es un proceso biológico. Por lo general los suelos con mayores contenidos de materia orgánica (trumaos) requerirán menos nitrógeno. Sin embargo no sólo la materia orgánica afecta el suministro de N sino que el uso del suelo y el tipo de cultivo.

Ensayos realizados en la década del 60 en INIA Carillanca señalaban respuesta a la fertilización nitrogenada con dosis de 100 a 120 unidades. Sin embargo, estas siembras eran realizadas a una distancia de 80 cm entre hileras y 50 cm sobre la hilera, lo que da una población de 25.000 plantas/ha, que producían rendimiento bajos (15 a 20 t/ha). Además, al no contar con adecuados controles de malezas, especialmente cuando se usaba una fertilización alta en nitrógeno, estos problemas aumentaban. Ensayos posteriores realizados por Banse y Santander en papa para semilla en INIA Remehue señalan rendimientos más altos con niveles de 100 U/ha de nitrógeno. La variedad utilizada fue Arka, obteniéndose una población promedio de 40.000 plantas/ha.

Cuadro 2.2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento total, comercial y de semilla de papa.

Fertilización	RENDIMIENTO (t/ha)		
	Total	Semilla	Comercial
N 0	41,8	7,5	37,4
N 100	48,7	31,0	42,9
N 200	43,9	27,6	36,9

(Fuente: Banse, J., 1977).

En la actualidad se ha establecido que la fertilización nitrogenada del cultivo de papa es muy compleja y que ella está determinada principalmente por el tipo de suelo y el rendimiento esperado del cultivo, además, para efectuarla correctamente, es necesario considerar la presencia de otros nutrientes en forma equilibrada. Tiene directa incidencia sobre la producción de tallos y hojas y, por tanto, en el rendimiento.

Un exceso de N genera mayor crecimiento foliar, desbalance del crecimiento vegetativo en desmedro de la tuberización, mayor susceptibilidad a enfermedades, tejidos suculentos y acuosos con mala postcosecha, formación y engrosamiento tardío de los tubérculos, retardo de la madurez, mayor susceptibilidad a roturas del tubérculo de calibre grande debido a la menor firmeza de la piel, mayor susceptibilidad al crecimiento secundario, menor contenido de almidón y de materia seca en el tubérculo, mayor contenido de azúcares reductores y de proteína en los tubérculos, decoloración y oscurecimiento de la papa en la cocción, reducción del sabor y de la calidad de textura.

Cuadro 2.3. Estimación de la fertilización nitrogenada según manejo y tipo de suelo y rendimiento esperado.

TIPO DE SUELO Y SU MANEJO	Rendimiento esperado t / ha			
	Dosis de nitrógeno kg / ha			
	25	35	45	55
Rojo arcilloso con pradera degradada 90	140	210	300	
Rojo arcilloso con prad. leguminosa 3 años	60	100	180	250
Trumao con pradera degradada 50	75	160	220	
Trumao con pradera leguminosa de 5 años	40	60	75	140

(Fuente: Carlos Sierra B. 1993).

Cuadro 2.4. Estimación de la fertilización nitrogenada bajo condiciones de riego.

Rendimiento Esperado t/ha	Dosis de N/ha (kg)
60	90
70	130
80	170
90	210

(Fuente: Hernán Pinilla Q. Profesor Nutrición Vegetal. Universidad de La Frontera).

Bajo condición de riego en la zona sur, la dosis de nitrógeno es modificable según vigor del cultivar utilizado y es factible reducir la dosis entre un 15 a 30% en variedades de mucho vigor como Patagonia-INIA y Karú-INIA, entre otras.

La fertilización nitrogenada del cultivo varía de acuerdo al manejo y tipo de suelo (cuadro 2.3). Cuando el rendimiento esperado es mayor, ya sea porque aplicaremos riego o porque la zona agroecológica en que se ubica el predio y el potrero tiene un mayor potencial, es necesario aumentar las dosis de nitrógeno. Sin embargo, dosis muy altas en un área de suelos rojos arcillosos sin riego pueden producir un efecto depresivo sobre la calidad de los tubérculos, retardar la madurez y cosecha.

Sandaña (2013) señala que la respuesta a la fertilización nitrogenada es diferente según el ambiente productivo donde se desarrolla el cultivo, determinando que existen tres tipos de ambiente, de acuerdo al historial de manejo del suelo, nivel de precipitaciones y/o el aporte hídrico.

Cuadro 2.5. Dosis de referencia de nitrógeno (kg N/ha) según rendimiento total a alcanzar y tipo de ambiente productivo (Los Álamos - El Carmen, Lago Ranco - Pto. Nuevo y Purranque - Llanquihue).

Rendimiento Esperado (t/ha)	Dosis de N (kg N/ha) según ambiente productivo		
	Los Álamos-El Carmen	Lago Ranco-Pto. Nuevo	Purranque-Llanquihue
	15-25 t/ha	25-40 t/ha	40-70 t/ha
15	15	0	0
25	90	30	0
35	160	100	25
45	-	180	100
55	-	250	170
65	-	-	245
75	-	-	320

(Fuente: Sandaña (2013)).

El nitrógeno en dosis medias y bajas debe aplicarse a toda la siembra, localizado, en banda, bajo y al lado de la semilla. Evaluaciones realizadas en el sector de Tranapunte (comuna de Carahue, Región de la Araucanía) indicaron que fertilizaciones del nutriente realizadas con tres parcializaciones iguales (plantación, emergencia y preaporca) permitían aumentar el rendimiento del cultivo. En dosis superiores a 180 U/ha de N, se recomienda aplicar una fracción en preabonadura con el último rastraje (40% del total), y por ser la papa de rápido crecimiento inicial, y en particular con plantaciones tardías, no se recomienda fraccionar demasiado el N, aplicándose a la aporca no más del 20% del total. Esta última práctica se recomienda para cultivos de alto rendimiento y con dosis altas de N. Se ha observado que las fuentes de N a las que mejor responde la papa, son las nítricas más amoniacales, como los nitratos de amonio y la urea. Esto se debe a que las fuertes lluvias de primavera pueden lixiviar el N nítrico en el perfil del suelo. A la aporca es recomendable utilizar nitrógeno 100% a la forma nítrica pues será aprovechado más rápidamente por las plantas. Otras fuentes de nitrógeno son los fosfatos amoniacales (Fosfato diamónico y monoamónico) los que bien manejados también pueden ser una buena alternativa. Para este cultivo su uso se limita por la condición de acidez del suelo.

2.1.3.2. Fósforo

El fósforo es un elemento constitutivo de los tejidos vegetales y forma parte de los ácidos nucleicos. Estimula el crecimiento inicial de las plantas y la formación de las raíces; acelera la madurez y estimula la producción de semillas. Las necesidades de fertilización fosfatada aumentan cuando el crecimiento de las plantas ha de efectuarse en tiempo frío, cuando las plantas tienen un desarrollo radicular limitado y cuando se requiere un crecimiento inicial rápido de la parte aérea de la planta.

En el caso de papa la absorción de fósforo es muy elevada durante todo el período vegetativo, siendo muy débil solamente durante las 6 semanas antes de la cosecha.

La omisión de la fertilización fosfatada puede disminuir el rendimiento de papa entre un 30 y un 50%. El fósforo es un elemento generalmente deficiente en la gran mayoría de los suelos de la zona sur del país, debido principalmente a la escasa fertilización realizada para este cultivo y a la fijación de éste por el suelo, en especial en los suelos trumaos. Esto, unido a la deficiente densidad radicular de la papa y por lo tanto a su baja capacidad de exploración del suelo, determina que para lograr altos rendimientos se requieren niveles altos de fósforo; estimándose que del efecto total producido por los fertilizantes entre el 50 al 70% corresponde al del fósforo. La aplicación del fósforo debe ser localizado en

dos bandas, bajo y al lado de la semilla. Cuando se usa en altas cantidades es recomendable aplicar una parte al voleo (no más del 30% de la dosis).

2.1.3.3. Potasio

Este nutriente actúa en la formación de carbohidratos y en la transformación y el movimiento del almidón desde las hojas a los tubérculos de la papa. También es importante en el control del movimiento de estomas y del agua de la planta.

El potasio interviene en la presión osmótica, disminuye la transpiración y contribuye a conservar la turgencia celular. El efecto útil del potasio sobre la economía del agua se manifiesta particularmente en los años secos, sobre todo en suelos sueltos o livianos, donde el aporte de potasio confiere a las plantas cierta resistencia al marchitado y a una desecación precoz, situación que a menudo se observa en las papas. El potasio también interviene en el metabolismo del nitrógeno, favoreciendo la elaboración de los proteidos a partir del nitrógeno mineral. La escasez de potasio frente a grandes cantidades de nitrógeno determina en las hojas la acumulación de nitrógeno mineral no utilizado en su desarrollo, de nitrógeno orgánico en forma de aminoácidos y de glúcidos, lo que puede producir disminución de los rendimientos. Lo mismo se observa con un exceso de potasio frente a pequeñas dosis de nitrógeno. Hay por lo tanto una estrecha relación entre estos dos elementos, los que deben aumentar simultáneamente si se quiere asegurar su buena utilización por la planta. El empleo de grandes cantidades de nitrógeno necesita un aumento paralelo de las cantidades de potasio. La relación N/K, correspondiente al óptimo de asimilación para las plantas de cultivo, varía de 1:1 a 1:2,5. En el caso de papa se señala que el potasio puede disminuir el ennegrecimiento de la pulpa, al evitar la acumulación de los aminoácidos, cuya oxidación causa esta coloración. Este fenómeno no se produciría cuando la materia seca de la papa contiene más del 18% de K₂O.

2.1.3.3.1. Nutrición potásica de las plantas

Las células vegetales ofrecen una permeabilidad elevada al ión K. Por lo general, en el suelo hay absorción preferente de K, fenómeno atribuido a la mayor velocidad de difusión de las sales de potasio. La papa es un cultivo que extrae grandes cantidades de potasio del suelo, calculándose alrededor de 0,4 kg de K₂O por cada qqm de producción; estando presente en forma importante, tanto en los tubérculos como en el follaje.

La fertilización potásica depende principalmente de dos factores: el rendimiento esperado del cultivo y el contenido de potasio disponible en el suelo.

El mineral debe aplicarse en dosis elevadas cuando su disponibilidad en el suelo es muy baja y se pretende cosechar altos rendimientos. Cuando la productividad esperada es baja, y el nivel del suelo es alto, el cultivo puede no requerir fertilización potásica. Sin embargo, se debe aplicar para mantención y así evitar la pérdida de fertilidad del suelo.

Las principales fuentes potásicas son el sulfato de potasio, el cloruro de potasio (muriato de potasio), el nitropotasio y el salitre potásico, siendo todas igualmente adecuadas. El cloruro de potasio debe ser usado con moderación, para evitar intoxicaciones con cloro, usándose niveles hasta de 100 U en forma localizada.

Antagonismo K - Ca y sus manifestaciones:

El ión calcio ejerce una acción importante en la fijación y la movilidad del ión potasio en los suelos. Además, en las plantas, el potasio y el calcio varían en sentido inverso; se ha observado en cultivos realizados en medio líquido, que el potasio frena la absorción del calcio, pero no se observa en cambio el efecto contrario, ya que las sales solubles de calcio no perjudican la absorción de potasio. En la práctica se debe considerar que:

- En un suelo cuyo complejo coloidal ha sido enriquecido con fertilizante potásico, las sales solubles de calcio, tales como el yeso, liberan potasio intercambiable desde éste.
- El antagonismo Ca/K no ocurre cuando la concentración de potasio en la solución del suelo es suficiente, la del calcio interviene poco en su absorción por la planta. Sin embargo, el enclado puede ir acompañado de un aumento de las necesidades de potasio y requerir un aporte de este elemento.

Se puede resumir que el calcio no afecta la absorción del potasio, siendo antes que nada la nutrición potásica función del porcentaje de K₂O en la solución del suelo y de la relación (Ca+Mg)/K. El aporte de grandes cantidades de sales potásicas da lugar a una acción antagónica frente a la absorción del Na, Mg y Ca. Al establecer la absorción de potasio de las plantas, en función del tiempo, se comprueba que éste ocurre casi a la par con la formación de materia seca, siendo más rápida al principio del ciclo vegetativo, continuando más allá del período de mayor crecimiento y llegando a la cosecha.

Cuadro 2.6. Exportaciones medias de K_2O por algunas plantas de cultivo (por qqm de grano o T de raíz o tubérculo).

Cultivo	Exportación (kg de K_2O)
Trigo (Incluido paja)	2,0 a 5,0
Avena (Incluido paja)	3,5 a 10
Remolacha (Incluido hojas)	5,5 a 7,5
Papas (Incluido tallos y hojas)	6,7 a 9,2

(Fuente: Demolon, 1966).

2.1.3.3.2. Papel de los fertilizantes potásicos

Los cultivos se benefician con el aporte de fertilizantes potásicos cuando el suelo no suministra la cantidad adecuada para ellos, cosa que ocurre hoy en día en situaciones de cultivo intensivo. A medida que los rendimientos van aumentando con la práctica de la fertilización nitrogenada, la fertilización potásica es cada vez más necesaria. Esto es particularmente importante en plantas calificadas como “plantas con dominante potásica”, como la papa, la viña, el trébol; donde el potasio es un elemento regulador del rendimiento (especialmente en la papa). La aplicación de potasio se regulará según la exigencia del cultivo, la productividad esperada y las reservas del suelo; y manteniendo entre el nitrógeno y el potasio una relación favorable.

2.1.3.3.3. Deficiencia de potasio

La papa es el cultivo que manifiesta más rápido anomalías en las hojas (desección precoz) y modificación en la composición del tubérculo, a causa de la falta de potasio.

Los síntomas de deficiencia en la papa se evidencian en anomalías en la pigmentación de las hojas, las que inicialmente son de un color verde oscuro, luego adquieren un color castaño, se arrugan y se desecan tempranamente. Por lo general la sintomatología no es muy específica, pues cambia con la condición del medio y de la absorción de los demás elementos. Por lo general manifiestan desequilibrios y no carencias verdaderas.

La papa es considerada como uno de los cultivos más sensibles al cloro, ha resistido sin daño cantidades que llegan a los 400 kg KCl cuando la aplicación ha sido efectuada uno o dos meses antes de la plantación.

Bajo condiciones de altos rendimientos, la papa extrae una alta cantidad de

potasio, también es factible usar el criterio de mantención de la fertilidad del suelo, reponiendo el potasio que exporta el tubérculo, es decir se calcula una dosis de mantención, la que garantiza que el suelo no pierda su disponibilidad de potasio.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{DM K2O/ha} = \text{RE (kg*ha)} * \% \text{MS} * \% \text{K tubérculo} * \text{Fc}$$

DM K2O/ha = Dosis de mantención de potasio

RE = Rendimiento esperado en kg/ha

% MS = Porcentaje de materia seca del tubérculo (20 %)

% K tubérculo = 1,8 % de K total

Fc = Factor de conversión de K a K2O (1,2)

Ejemplo para una producción de 70 toneladas:

$$\text{DMK2O} = 70000 * 0,2 * 1,8/100 * 1,2 = 302 \text{ kg de K2O/ha}$$

De esta forma, para la condición de la región de La Araucanía (zona sur) se puede generar la siguiente tabla:

Producción ton/ha	50 t	60 t	70 t	80 t	90 t
Extracción K ₂ O/ha	215	260	305	345	390

(Fuente: Hernán Pinilla Q. Profesor Nutrición Vegetal. Universidad de La Frontera).

En caso de que el K este expresado en cmol+/kg multiplicar por el factor 390 para transformar a mg/kg o ppm (partes por millón)

2.1.3.4. Azufre

El azufre es un constituyente de tres de los aminoácidos esenciales (cistina, cisteína, metionina), siendo en consecuencia esencial en la síntesis de proteínas. Por su contenido de aminoácidos, la papa es valiosa para la nutrición humana.

El contenido de azufre de la planta no depende exclusivamente del suministro del suelo, sino que también está relacionado con las necesidades fisiológicas propias de cada especie.

En consecuencia, las cantidades de azufre extraído por el cultivo es considerable (alrededor de 10 kg de azufre por hectárea).

La deficiencia de este nutriente retarda el crecimiento de las plantas, las que se ponen uniformemente cloróticas, raquílicas y alargadas, con tallos débiles.

Cuadro 2.7. Azufre en la composición de algunos cultivos.

Cultivo	Azufre como (%) de la Mat. Seca	Relaciones	
		S/P	S/N
Trigo (grano)	0,16	0,335	0120
Centeno (grano)	0,15	0,328	0,092
Maíz(grano)	0,20	0,368	0,092
Cebada (grano)	0,25	0,455	0,073
Papa (tubérculo)	0,17	0,459	0,127
Papas (hojas) *	0,25		

(Fuente: Demolon, 1966)

(*) CIP 1984

2.1.3.5. Calcio y magnesio

El calcio es absorbido por las plantas en forma de ión Ca^{++} . Constituye una parte esencial de la estructura de la pared celular, y su presencia es indispensable para la formación de nuevas células. Está relacionado con la neutralización y la insolubilización de ciertos ácidos orgánicos de la planta.

Las cantidades exportadas de calcio por las cosechas son particularmente bajas en relación con su presencia en la mayoría de los suelos; es por ello que se ha atribuido al calcio una importancia secundaria en la nutrición de las plantas. Sin embargo cumple un papel fisiológico cuya importancia no se mide con la cantidad presente en la planta. Lo mismo puede mencionarse del magnesio.

El calcio disminuye la absorción de agua y aumenta la transpiración, comportándose así de manera opuesta al potasio; por ello el mecanismo de regulación va ligado a las variaciones de la relación K/Ca. Cuando la concentración de potasio aumenta en el medio, la absorción de calcio por la planta siempre disminuye. Es necesaria una cierta cantidad de calcio para el desarrollo normal del sistema radicular. Además, el ión calcio tiene un papel antitóxico frente a los iones K, Na y Mg. Aunque las plantas cultivadas pueden tolerar en el suelo una elevada proporción de calcio, el sobre encalado tiene una acción depresiva en la nutrición y en el rendimiento del cultivo.

Deficiencia de calcio. El calcio es un elemento inmóvil. Si existe una deficiencia, el nuevo tejido meristemático no tiene acceso a la cantidad requerida para su adecuado desarrollo. La deficiencia llega a manifestarse en la falta de desarrollo de las yemas terminales.

El magnesio es absorbido por la planta como ión Mg^{++} , y por ser el único mineral

constituyente de la clorofila, este elemento es esencial para la fotosíntesis. Es necesario para la activación del metabolismo de los carbohidratos y la respiración de la célula; también es un activador de muchas enzimas requeridas en los procesos de crecimiento de las plantas.

Cuadro 2.8. Cantidades de calcio y magnesio extraído por la cosecha (como % de la M. Seca)

Cultivo	CaO	MgO
Cereales Grano	0,7 a 0,19	0,15 a 0,2
	Paja	0,09 a 0,15
Remolacha Raíces	0,25 a 0,5	0,25 a 0,5
	Hojas	
Papas Tubérculos	1,1 a 0,18	0,12 a 0,2
	Hojas	3,8 a 4,5

(Fuente: Demolon, 1966).

Cuadro 2.9. Cantidades de calcio y magnesio extraído por la cosecha (por unidad de producto)

Cultivo	CaO	MgO
Cereales por qq de trigo (incluido paja)	0,6 a 1,15	0,3 a 0,45
Remolacha por ton. Raíces (incluido. hojas)	1,2 a 4,2	0,55 a 1,1
Papas por ton. de Tubérculos (incluido hojas)	2,7 a 4,7	0,7 a 1,0

Un cultivo promedio de papa extrae entre 50 a 89 kg de CaO y de 15 a 25 kg de MgO por hectárea.

La deficiencia de Mg conduce a una clorosis intervenal en las hojas del cultivo, y sólo las venas permanecen verdes. Las hojas inferiores presentan primero los síntomas de la deficiencia, porque el Mg es traslocado con facilidad a las nuevas zonas de crecimiento.

2.1.4. Consideraciones para la fertilización del cultivo de papa de acuerdo a las zonas productoras

La fertilización del cultivo de la papa es una práctica agronómica importante ya que por lo general representa alrededor del 20% de los costos totales de producción, y tiene un considerable efecto en el incremento de la calidad, el rendimiento y el calibre de los tubérculos cosechados. En este sentido, la fertilización es trascendental al momento de optimizar el sistema productivo con el objetivo de contribuir a obtener máximas rentabilidades.

2.1.4.1. Zona centro norte

Las necesidades de fertilización para esta zona se basan en los requerimientos del cultivo para rendimientos no muy altos, en torno a las 20 t /ha, situación asociada, entre otras, a las pobres condiciones físicas del suelo, además del pH moderadamente alcalino.

Los suelos de esta zona son muy variados y su principal problema es su pobre condición física, determinadas por el escaso tenor de carbono orgánico; esto afecta la exploración radicular de las plantas y en consecuencia la absorción de nutrientes. En estos suelos predominan valores de densidad aparente superiores a 1,3 g/cc, confiriéndoles una escasa porosidad y una gran dureza, que afecta la calidad del arraigamiento.

El principal nutriente para el cultivo es el nitrógeno, siendo muy relevante sobre el rendimiento. En la zona se pueden observar respuestas medias a altas a la aplicación de nitrógeno en plantaciones de primavera y baja respuesta en las plantaciones de invierno. El fósforo es un elemento generalmente menos deficiente en los suelos de la zona, los que presentan un bajo poder de fijación.

Su disponibilidad depende del pH y del historial de fertilización aplicada. Tierras recién incorporadas a la agricultura presentarán niveles más bajos de fósforo, normalmente inferiores a 10 ppm, sin embargo en relación con la disponibilidad de fósforo, la mayoría de los suelos donde se cultiva papa presentan niveles medios a altos.

Normalmente los suelos presentan contenidos adecuados de potasio. Los arcillosos deben presentar contenidos más altos de potasio de intercambio, unos 500 mg/kg. Mientras que uno franco arenoso puede requerir no más de 250 mg/kg. Dosis de potasio muy altas deben aplicarse cuando el suelo es arcilloso y presenta una disponibilidad muy baja del nutriente (menos de 100 mg/kg) y se pretende cosechar altos rendimientos. Por otra parte, cuando el rendimiento

esperado es bajo, y el nivel del suelo es alto (+ de 350 ppm en la capa arable), el cultivo requerirá una dosis moderada de mantención para evitar una pérdida de fertilidad, la cual puede afectar en el futuro a otros cultivos de la rotación.

El magnesio es un elemento secundario de mayor importancia en suelos arenosos y en siembras de invierno con rendimiento esperado alto, más de 50 t/ha. En suelos arenosos y en terrazas arenosas colindantes a ríos puede ser importante considerar la aplicación de magnesio. Por otra parte, la aplicación de dosis altas de potasio puede inducir a una deficiencia de magnesio, especialmente en riego localizado, por lo tanto al aplicar una dosis alta de potasio sería recomendable el uso de magnesio. Contenidos inferiores a 0,25 cmol(+)/Kg de magnesio en el suelo pueden ser considerados bajos, y en los cuales debería aplicarse este elemento.

El azufre es un elemento secundario que puede ser importante en suelos erosionados y de bajo contenido de materia orgánica. En general, este elemento es deficitario en suelos graníticos de secano. En suelos bajo riego, es aportado de manera significativa por el agua de riego. En cuanto a micronutrientes, existen evidencias experimentales de respuesta a niveles de rendimiento alto. El boro y zinc serían elementos importantes de considerar en una fertilización completa para papa, que tenga como objetivo alcanzar rendimientos mayores de 50 t/ha.

2.1.4.2. Zona centro sur

Las necesidades de fertilización para esta zona se basa en los requerimientos del cultivo para rendimientos mayores que la zona centro norte, fluctuando entre las 30 y 40 t/ha, situación asociada a la mejor calidad de los suelos, seguridad de riego, clima benigno y por ser el área de mayor potencial productivo del país.

En las regiones de O'Higgins y del Maule el principal nutriente para el cultivo sigue siendo el nitrógeno. La respuesta a la fertilización nitrogenada es media a alta especialmente en las fechas normales de plantación (primavera). Al igual que para la zona centro norte, la respuesta es más baja en las plantaciones de invierno. Los suelos de estas regiones siguen siendo menos fijadores de fósforo por lo cual aún no son deficientes. Puesto que las zonas de producción de papa están sometidas a rotación con diferentes cultivos, los niveles de fósforo son generalmente medios a altos. Por las mismas razones antes señaladas y por la intensidad de cultivos, los suelos presentan contenidos adecuados de potasio, así como de los nutrientes secundarios magnesio, calcio y azufre. Posiblemente en suelos arenosos, terrazas arenosas colindantes a ríos, suelos erosionados y de bajo contenido de materia orgánica y en siembras de invierno puede ser importante considerar la aplicación de estos elementos. De igual forma, se debe

considerar el uso balanceado de estos nutrientes, evitando desequilibrios.

2.1.4.3. Zona sur

Las necesidades de fertilización para esta zona se basan en los requerimientos del cultivo para rendimientos medios a altos, desde 20 a 60 t/ha, de acuerdo con el sistema productivo. Las condiciones naturales edafoclimáticas de esta zona, donde prevalecen los suelos “trumaos” que tienen condiciones físicas muy favorables y posibilitan altos rendimientos. En forma opuesta, la condición de baja fertilidad química, particularmente de fósforo, son su principal limitante. La papa tiene una alta respuesta a la fertilización con fósforo, ya que los suelos tienen una alta capacidad de retención de fosfato.

El nitrógeno es el elemento más abundante en los suelos trumaos, presentándose con menores niveles de suministro los suelos rojo arcillosos. En esta zona, por lo general la respuesta a la fertilización con nitrógeno no es alta, ya que los suelos tienen una alta capacidad de suministro. Evaluaciones indican que fertilizaciones entre 75 y 150 kg de N/ha permiten al cultivo alcanzar su rendimiento máximo, según la condición agroecológica en que se desarrolla.

El potasio es otro elemento moderadamente deficitario en los suelos trumaos, especialmente en los ñadis. Los niveles de calcio y magnesio por lo general son adecuados, pero en algunas situaciones, producto del manejo, se pueden encontrar bajos contenidos de estos elementos, particularmente de calcio. La mayoría de los suelos presentan valores de densidad aparente inferiores a 0,8 g/cc, lo cual le confiere una gran porosidad y una óptima friabilidad (humedad adecuada para disgregarlo).

Respecto del azufre se puede señalar que los suelos trumaos tienen un mejor suministro que los rojo arcillosos, donde puede llegar a ser deficitario. La aplicación de enmiendas como carbonato de calcio, por lo general, no se recomienda en papa, ya que este cultivo es reconocido como tolerante a la acidez, incluso en valores bastante extremos. En suelos con altos niveles de saturación de aluminio, sí se observa un efecto positivo de la aplicación de cal en el desarrollo del cultivo.

Es necesario señalar que definir la fertilización para un cultivo de papa por lo general no es precisa ni absoluta, debiéndose aplicar el buen criterio. Esto se debe a que en este proceso intervienen factores dinámicos de tipo biológico, químico y agrofísico que interactúan entre el suelo, la planta y la atmósfera. Sin embargo, es posible lograr razonables aproximaciones si se usa un buen análisis de suelo y una correcta interpretación de éste. La fertilización de base, es decir

la que se efectúa al momento de la plantación, es la más eficiente y efectiva para la obtención de rendimientos comerciales. Aplicaciones posteriores tienen el objetivo de complementar esta fertilización inicial, especialmente mediante el uso de fertilizantes solubles (N, K y Mg) o mediante la aplicación de productos foliares, cuando es necesario recuperar el aparato fotosintético de la planta, (por daño de heladas, granizos, viento, temperatura, tizón). De igual forma, de acuerdo con los resultados del análisis de suelo o la estrategia de fertilización definida, se pueden realizar fertilizaciones de corrección en preplantación (K, S, Ca, Mg, pH, saturación de aluminio).

Las guías de fertilización para el cultivo de la papa se encuentran en el libro INIA: Fertilización de cultivos en Chile, del autor Juan Hirzel.

Cuadro 2.10. Valores de referencia microelementos análisis de suelo.

Nutriente	Nivel bajo ppm	Nivel medio ppm	Nivel alto ppm
Manganeso	< 3	3-5	> 5
Zinc	< 0,5	0,5-1	> 1
Boro	< 0,5	0,5-1	> 1
Cobre	< 0,3	0,3-0,5	> 0,5
Hierro	< 2,5	2,5-5	>5

(Fuente: Vidal, I. Irrifer. <http://esdocs.com/doc/1426760/fertilizacion-papas>).

CAPÍTULO 3

3.1. Plantación

El adecuado establecimiento del cultivo debe permitir que los tubérculos broten, que la emergencia sea rápida y que las plantas se desarrollen prontamente, alcanzando luego un máximo de masa foliar. La siembra correcta, además, asegura la uniformidad del cultivo. Estos factores son afectados por las condiciones del tubérculo semilla y del suelo.

Las condiciones del tubérculo semilla están determinadas por el estado fisiológico de los tubérculos, su tamaño y sus características físicas. Las propiedades del suelo están delimitadas por su estructura, humedad y temperatura.

Los brotes de papa, antes de emerger del suelo, están expuestos a numerosas enfermedades y plagas. Las condiciones favorables de crecimiento aceleran la emergencia y reducen el tiempo en que los brotes están expuestos al peligro. La uniformidad de un cultivo está determinada por la homogeneidad de la emergencia y el desarrollo de la planta. Un cultivo uniforme hace más fácil las labores culturales (aporca, riego, aplicación de pesticidas y cosecha). La semejanza de desarrollo de la planta es especialmente importante en la producción de semillas.

Los tubérculos sembrados en estado fisiológico y condiciones de crecimiento óptimos, desarrollan sus brotes rápidamente. Hasta la formación de suficiente follaje para la fotosíntesis, la planta vive de los nutrientes suministrados por el tubérculo semilla. Posteriormente, las raíces se encargan de suministrar a la planta el agua y los nutrientes provenientes del suelo.

3.1.1. Densidad de plantación y efecto de tallos en la producción

El distanciamiento de la siembra es la distancia entre plantas y entre surcos. Su finalidad es lograr una adecuada población de plantas por superficie. La distancia de siembra depende de la variedad a sembrar dado por el tamaño de estolones, desarrollo foliar y altura de la planta; el tipo de suelo (textura, estructura, fertilidad, pendiente) y clima (precipitación).

Las densidades de plantación deben ser adecuadas, pues evitan la competencia posterior entre las plantas por agua, nutrientes, luz y la proliferación de ciertas plagas y enfermedades, facilitando además las labores posteriores.

En forma tradicional la densidad de un cultivo se ha expresado como el número de plantas por unidad de área. Pero cada planta que proviene de un tubérculo consiste en un conjunto de tallos, cada uno de los cuales forma raíces, estolones y tubérculos. Además, cada tallo crece y se comporta como si fuese una planta individual. Por lo tanto, la verdadera densidad del cultivo de papa es el resultado de la densidad de plantas multiplicado por el número de tallos por planta.

A medida que se incrementa el número de tallos, crece el número de tubérculos por planta, disminuyendo el peso promedio de éstos, lo que aumenta los rendimientos hasta cierto punto.

La densidad de un cultivo de papa consta de dos componentes: el primero es el número de plantas por metro lineal (*densidad de plantas*) y el segundo componente es el número de tallos por planta. De esta manera la verdadera densidad del cultivo denominada "*densidad de tallos*" es el resultado de la densidad de plantas por su número de tallos.

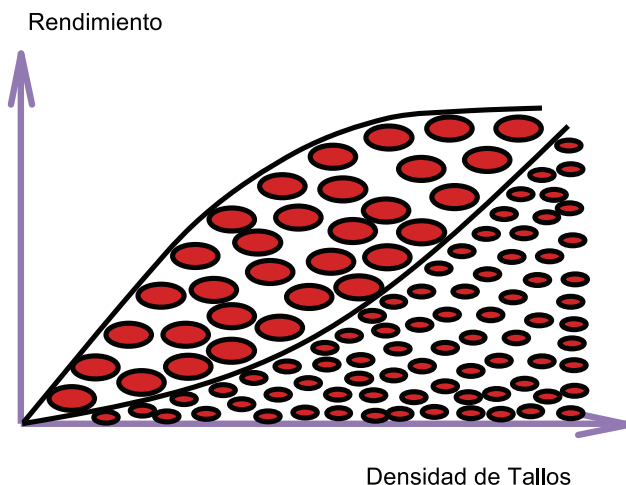
Así, la verdadera densidad del cultivo llamada *densidad de tallos* es el resultado de:

Densidad de plantas x número de tallos por planta.

La *densidad de tallos* describe mejor la densidad de un cultivo de papa que la *densidad de plantas*. La densidad de tallos se define comúnmente como "tallos principales por metro cuadrado".

Un tallo principal crece directamente del tubérculo madre. Los tallos laterales que se ramifican de los principales son generalmente poco productivos y no se consideran cuando se determina la *densidad de tallos*, sin embargo cuando los tallos laterales se ramifican debajo de la superficie del suelo, cerca del tubérculo semilla, pueden llegar a formar raíces, estolones y tubérculos como lo hacen los tallos principales, y alcanzan a ser tan productivos como ellos.

El conjunto de los tallos principales y laterales que se ramifican debajo de la superficie del suelo se denomina *tallos sobre el suelo*. El término *tallos principales por metro cuadrado* puede ser reemplazado por "tallos sobre el suelo por metro cuadrado".



Así, una densidad alta de tallos:

- aumenta el rendimiento hasta cierto nivel,
- reduce el tamaño promedio de los tubérculos,
- reduce la tasa de multiplicación.

Por ejemplo, si el destino de la plantación es para papa de consumo fresco (tubérculos entre 80 y 130 g), se necesita una densidad de plantación menor que si ésta fuera para producción de tubérculos semilla (30 - 90 g); y sería aún menor que si el objetivo fuese generar papas para la elaboración de prefritos en bastones (100-300 g).

Es importante destacar que las variedades difieren entre sí en el número de tallos principales que generan los diversos calibres de tubérculos semilla.

Cuadro 3.1. Número de tallos principales en tres tamaños de tubérculos semilla de seis variedades de papa almacenados durante seis meses en Osorno, sur de Chile.

Variedad	Tamaño de Tubérculos Semillas		
	Semillita (3,5 – 4,5 cm) (aprox. 60 gr)	Semilla (4,5 – 5,5 cm) (aprox. 90 gr)	Semillón (5,5 – 6,5 cm) (aprox. 130 gr.)
Desirée	3,7	4,2	4,7
Yagana	4,4	4,8	5,7
Kennebec	2,8	3,2	5,2
Ultimus	3,8	4,6	5,8
Pimpernel	4,8	6,8	7,2
Corahila	4,9	6,8	7,8

(Fuente: Programa Papa INIA Remehue, Osorno).

Para las distintas variedades se debe considerar, que aún teniendo comportamientos similares en el número de tallos/planta y tallos/ha, ellas pueden diferir significativamente en el rendimiento. Por otro lado, variedades que se diferencian significativamente en el número de tallos por planta y tallos por ha, pueden presentar un rendimiento similar. Esto obedece a que tanto el número, como el tamaño de los tubérculos formados son características controladas principalmente por el genotipo.

Por lo tanto, para producir con distintos objetivos de comercialización se necesita conocer el comportamiento de cada variedad en cuanto al manejo y almacenaje en el medioambiente y entorno local. Se debe separar y plantar los tubérculos semilla por tipo de calibre en cada variedad empleada, conocer el número de tallos principales que forma cada calibre y evaluar también número y tamaño de los tubérculos formados por las diferentes dimensiones. De esta manera se puede ajustar la distancia de plantación de los diversos tamaños de cada variedad.

En general, en producción de semillas la distancia de plantación se ajusta para lograr una densidad que produzca entre 200.000 y 300.000 tallos principales por ha, según variedad. En el caso de tubérculos sobre 65 mm, estos se consiguen con poblaciones entre 80.000 y 140.000 tallos principales. En el caso de consumo en fresco, se optimiza con poblaciones entre 140.000 y 200.000.

Cuadro 3.2. Estimación de la cantidad de tubérculos semilla a usar en el cultivar Desirée según diferentes calibres y evaluación de costo ha.

Calibres (mm)	Peso Tub. (gr)	Cantidad (\$)	Valor \$ ha
28-35	30	1200	360.000
35-45	60	2400	720.000
45-55	90	3600	1.080.000
55-65	130	5200	1.560.000
Promedio	78	3100	930.000

(*) Considera un valor de por kg de semilla de \$300

3.1.2. Factores que determinan la densidad de tallos

La densidad de tallos está determinada por el número de tallos que emergen y sobreviven.

3.1.2.1. Número de tallos principales depende de:

- **Lecho del tubérculo semilla:** para una buena emergencia, el suelo debe estar húmedo y sin terrones. Un lecho seco y con terrones reduce la densidad de tallos.
- **Método de siembra:** un daño leve a los brotes durante la siembra reduce el número de tallos. Un daño grave puede causar el crecimiento de brotes nuevos y adicionales, especialmente cuando el tubérculo semilla es vigoroso. Esto a menudo conduce a una emergencia no uniforme.
- **Número de brotes sembrados** (con su tubérculo semilla correspondiente): en este caso el número de brotes sembrados depende de: número de tubérculos sembrados y número de brotes por tubérculo.

3.1.2.2. El número de brotes por tubérculo depende de:

- **Tamaño del tubérculo:** los tubérculos grandes tienen más brotes.
- **Variedad de papa:** algunas variedades desarrollan más brotes que otras.
- **Tratamiento del tubérculo:** el tratamiento antes de la siembra afecta el número de brotes. Esto incluye el almacenamiento, el desbrotado, el corte o fraccionamiento, y el prebrotamiento. Las condiciones de guarda que favorecen la dominancia apical limitan el número de brotes. El desbrotado y el corte de tubérculos semilla vigorosos a menudo incrementan el número de brotes. El prebrotamiento en luz difusa les permite a los brotes desarrollarse vigorosa y firmemente, lo cual reduce el daño durante la siembra.
- **Edad fisiológica:** los tubérculos fisiológicamente avanzados desarrollan más brotes que los fisiológicamente jóvenes. Si los tubérculos están muy viejos los brotes resultan demasiado débiles y no emergen.

3.1.2.3. Densidad recomendada de tallos:

Depende del ambiente, del propósito del cultivo y de la variedad de papa a utilizar.

3.1.2.3.1. Ambiente.

Para obtener tubérculos de tamaño aceptable, la densidad de tallos debe ser más baja que cuando existen buenas condiciones de producción. La densidad alta de tallos, en malas condiciones de producción, hace reducir el tamaño de los tubérculos y el rendimiento.

3.1.2.3.2. Propósito del cultivo.

En comparación a la producción de papa para consumo, en la producción de papa para semilla se busca una reducción del tamaño del tubérculo.

La producción de tubérculo semilla comprende dos etapas, cada una incluyendo un número de multiplicaciones. La primera lleva a un núcleo de gran calidad llamado semilla básica; la segunda, lleva a la semilla certificada que será sembrada por el agricultor para producir papa de consumo. El nivel de enfermedades transmitidas por el tubérculo aumenta con cada multiplicación.

3.1.2.3.3. Variedad de papa.

Las variedades que producen mucho follaje requieren una densidad más baja de tallos, que las variedades que producen menos follaje.

3.1.3. Profundidad de plantación y emergencia

La plantación se realiza en la cama de brotación, a una profundidad que puede variar entre los 5 y 8 cm según sea el calibre de la semilla. Los tubérculos quedan cubiertos por una capa de recubrimiento de tierra fina y terrones pequeños que favorece el aumento de la temperatura. Asimismo, quedan sobre la base de la cama de brotación, la que aporta la humedad necesaria para estimular una rápida brotación.

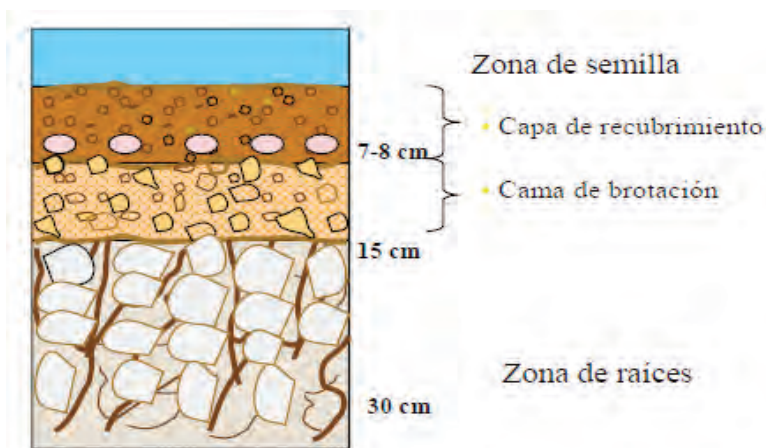


Figura 3.1. Distribución espacial de la zona de semilla y la zona de raíces en la plantación de papas.

Las papas deben quedar a la altura de la superficie original del terreno y cubiertas por una capa de suelo superior a los 5 cm. La ubicación superficial de los tubérculos al momento de la plantación permitirá una brotación y emergencia rápida, posteriormente concentrará la producción en forma superficial, facilitando también las labores de cosecha.

3.1.4. Tipos de plantación

Existen tres tipos de plantación: manual, mecanizada con plantadora semiautomática y mecanizada con plantadora automática.

3.1.4.1. Plantación manual

Este tipo de plantación puede presentar variaciones, pero básicamente busca un objetivo común, que es colocar los tubérculos en el suelo, con el uso de mano de obra.

La modalidad más común es el uso de surcos de siembra, los cuales se pueden realizar con azadones o arados. Luego es necesario mezclar el fertilizante, en el fondo del surco, con tierra, para evitar que se quemen brotes y raíces. Finalmente se colocan los tubérculos semilla en el fondo del surco y se tapan con tierra.

Esta modalidad es ampliamente utilizada por los agricultores de la región, pero tiene varios inconvenientes que se detallan a continuación:

- No se puede regular de manera acertada la cantidad de tubérculos a colocar. (Densidad de plantación).
- La aplicación del fertilizante no es uniforme.
- No se regula la profundidad de plantación.
- Demanda alta mano de obra que incrementa los costos.

3.1.4.2. Plantación mecanizada con plantadora semiautomática

En esta modalidad se utiliza maquinaria y un componente de mano de obra. Estas máquinas se limitan a una rueda con alvéolos, sobre el que un operador auxiliar va situando los tubérculos a medida que el alvéolo pasa frente a él. Presenta la desventaja que la papa cae desde una mayor altura, lo que le puede provocar algún grado de daño.



Figura 3.2. Plantadora de papa semiautomática.

Entre las ventajas destaca una mejor regulación, ya que se colocan los tubérculos a una distancia uniforme en la hilera y sobre la hilera, la profundidad es homogénea como también la cantidad de fertilizantes aplicados. Por lo tanto, existe una mayor eficiencia productiva, que se traduce en mayores rendimientos.

3.1.4.3. Plantación mecanizada con plantadora automática

Estas máquinas no requieren mano de obra para el proceso de plantación, excepto en la tracción. Son altamente eficientes, ya que al utilizarlas se puede: regular la densidad y profundidad de plantación, la cantidad de fertilizante a aplicar, desarrollar la labor en un menor tiempo y utilizar un mínimo de mano de obra.

Con estas ventajas se genera un diferencial positivo, porque se reducen los costos de producción y se mejoran procesos, lo que genera una mayor eficiencia productiva, traduciéndose en mayor rentabilidad por hectárea.

CAPÍTULO 4

4.1. Control de malezas

El término maleza tiene un significado muy relativo, pero generalmente se refiere a las plantas que se desarrollan espontáneamente en el cultivo y que compiten por espacio, agua y nutrientes, afectando la producción. Inclusive las plantas que cultivamos pueden ser malezas en ciertas circunstancias.

La competencia entre malezas y el cultivo de papa puede hacer que la siembra se debilite, dando origen al amarillamiento, retardos en crecimiento y disminuyendo considerablemente la calidad y rendimiento de la cosecha.

4.1.1. Desventajas de las malezas

- Compiten con el cultivo por luz
- Compiten por espacio
- Compiten por agua
- Compiten por nutrientes
- Dificultan la labranza de la tierra
- Dificultan la cosecha y el secado de los productos
- Transmiten una gran variedad de enfermedades

4.1.2. Clasificación de Malezas

Existen diferentes tipos de clasificación de las malezas, una de las más utilizadas es la que las divide en dos subclases:

- Monocotiledóneas: son las denominadas de igual manera como Hoja Angosta
- Dicotiledóneas: también conocidas como Hoja Ancha

4.1.3. Barbecho químico

El barbecho químico es una técnica consistente en la aplicación, al suelo que se va a preparar, de un herbicida no selectivo de amplio espectro de control, usado solo o en mezcla con otros herbicidas de mayor selectividad, de acuerdo con las especies de malezas que se desea controlar. Tiene por objetivo iniciar una preparación de suelos libre de malezas y el establecimiento y desarrollo posterior del cultivo; por lo tanto, es un complemento que facilita la realización de una adecuada preparación de suelos.

Entre las ventajas de utilizar esta técnica, destacan las siguientes:

- Control eficaz de malezas viejas y perennes.
- Menor dependencia del clima de hasta 8 horas.
- Ahorro de energía, por un menor uso de maquinaria y equipos de labranza en la preparación del suelo.
- Menos riesgo de erosión del suelo, de compactación y de formación de pie de arado.

4.1.3.1. Herbicidas más utilizados en barbecho químico

Paraquat: herbicida de contacto, no selectivo, posee diferentes nombres, controla gramíneas y hoja ancha. Corresponde a un ión que para actuar como herbicida capta un electrón en el proceso de fotosíntesis, por lo cual requiere la presencia de luz, actuando como producto de contacto (no se trasloca). En el mercado se le encuentra como: Gramoxone, Gramoxone super, Paramak, Paraquat plus, Farmon.

Glifosato: corresponde a una sal que actúa como herbicida sistémico, no selectivo, para el control de malezas gramíneas y hoja ancha.

Herbicidas complementarios: controlan sólo hoja ancha y complementan la acción de los herbicidas no selectivos. Se les encuentra como 2,4-D amina (varios nombres), 2,4-D éster (Esteron Ten Ten), Aliado, Ajax, Ally, Tordon 24-K.

4.1.3.2. Barbecho químico y preparación de suelo - plantación

Lo esperable en un barbecho químico es que la acción del herbicida sobre la pradera haya sido completa, es decir que esté totalmente desecada, facilitándose de esta forma las labores de preparación de suelo. En este sentido, cuando se efectúa sobre una pradera, hay que dejar al menos 15 días entre la aplicación del barbecho químico y el inicio de la preparación mecánica. Cuando se efectúa después del rastrojo, se recomienda esperar al menos 7 días entre la aplicación y el inicio de la preparación mecánica.

En relación con los días entre aplicación del barbecho químico con glifosato y la plantación del cultivo y podemos considerar tres situaciones:



Figura 4.1. Suelo con malezas a salidas de invierno.



Figura 4.2. Suelo sometido a barbecho químico.



4.1.3.2.1. Aplicar sólo Glifosato

No tiene efecto residual por lo cual se podría plantar inmediatamente después de la aplicación; sin embargo la preparación de suelo puede iniciarse entre 3 a 7 días después de aplicado. Por lo general, la preparación de suelo se inicia 3 a 4 semanas después de la aplicación.

Los productos comerciales utilizados son:

- Touchdown: 3,2 L/ha (dosis estándar)
- Roundup Full: 3,0 L/ha (dosis estándar)
- Rango Full: 3,0 L/ha (dosis estándar)
- Panzer Gold: 3,4 L/ha (dosis estándar)

4.1.3.2.2. Mezclas con Glifosato de bajo efecto residual

Para reforzar el control de algunas malezas de hoja ancha más tolerantes a glifosato. Tiene bajo efecto residual en el suelo, por lo cual se podría plantar, mínimo 2 semanas después de la aplicación.

Glifosato (dosis estandar) + Starane Xtra (0,5L/ha)
+ Esteron Ten Ten (1,0 L/ha)
+ 2,4-D amina (1,0 L/ha).

4.1.3.2.3. Mezclas con Glifosato de efecto residual medio

Para reforzar el control de algunas malezas de hoja ancha más tolerantes a glifosato, recomendándose mínimo 4 semanas entre aplicación y plantación.

Glifosato (dosis estándar) + Ally, Aliado (8 g/ha)
+ Ajax (10 g/ha).

Un barbecho químico bien efectuado es el que logra al momento de la plantación un suelo libre de malezas, especialmente las que son bianuales o perennes que pueden resistir de una temporada a otra. De esa forma, el control de malezas habitual dentro del desarrollo del cultivo, será sobre malezas provenientes de semillas, más fácil de controlar.

4.1.4. Efecto de las malezas en el cultivo de la papa

El cultivo de papa es muy sensible a la competencia de las malezas,

especialmente durante sus estadios iniciales de desarrollo, por lo que se pueden reducir los rendimientos si no se hace un buen control de éstas. La magnitud de la reducción depende de la densidad y capacidad competitiva de la población específica de malezas y de la disponibilidad de luz, nutrientes y agua. Una vez que crece, forma un copioso follaje que les da pocas oportunidades a la mayoría de las malezas, aunque algunas especies pueden crecer a través del cultivo. Por lo tanto, las prácticas de manejo tienen que estar dirigidas a mantener al cultivo razonablemente libre de malezas hasta que sus hojas se cierran en el entre-surco.



La mayoría de las especies de malezas germinan antes de la emergencia de las plantas de papa, por lo que poseen una ventaja sobre el cultivo. Especies como *Chenopodium album* L. (Quinguilla), *Sonchus oleraceus* L. (Ñilhue), pueden asfixiar al cultivo, poniendo en riesgo los rendimientos e interfiriendo las operaciones de cosecha. Las malezas de hábitos trepadores tienen un efecto similar, por ej. *Polygonum persicaria* L. (Duraznillo) y *Rumex acetosella* L. (Vinagrillo).

Además de su efecto directo a través de la competencia, las malezas son también dañinas, porque dificultan las labores de cosecha incrementando el número de tubérculos remanentes en el suelo, y por ser hospederas de muchas plagas y enfermedades.

Es el caso del *Myzus persicae* Sulzer, áfido que puede vivir sobre especies de malezas como *Capsella bursa-pastoris* (L.) (Bolsita del Pastor), *Chenopodium album* (Quinguilla) y *Solanum nigrum* L. (Chamico), y que trasmite algunas enfermedades virales muy dañinas, incluyendo el enrollado de las hojas y el mosaico.

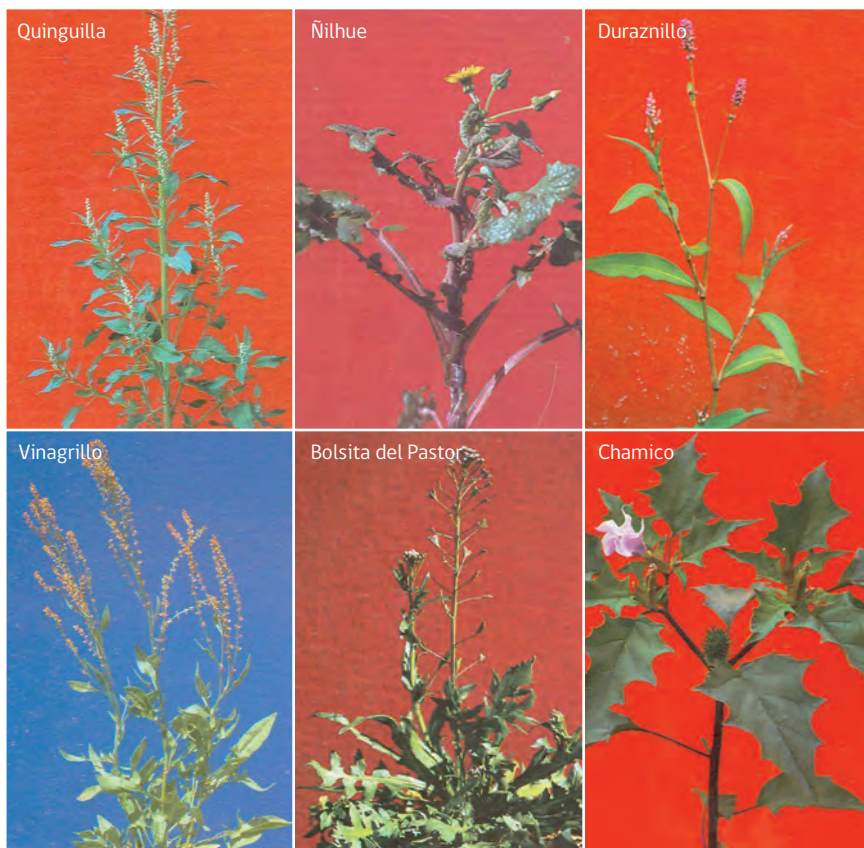


Figura 4.3. Malezas comunes en papa.

4.1.5. Período crítico de competencia

El cultivo de papa es muy sensible a la competencia de las malezas, especialmente en sus estados iniciales de desarrollo. El período crítico de competencia de malezas es durante los primeros 25 días del cultivo, por tal razón éstas se deben controlar antes de la emergencia.

Una segunda etapa de competencia se presenta previa a la floración. Es la más importante porque puede disminuir drásticamente el rendimiento del cultivo, ya que la planta en este período absorbe mayor cantidad de nutrientes.

Las malezas que se desarrollan después de la floración y desarrollo de los tubérculos, no reducirán los rendimientos por competencia, pero pueden dificultar la cosecha y provocar pérdidas por daños a los tubérculos.

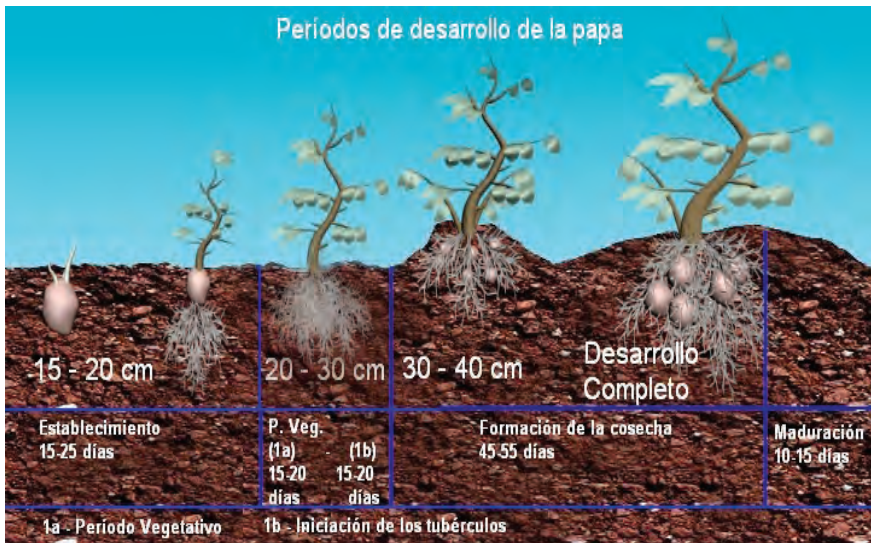


Figura 4.4. Periodos críticos cultivo de papa versus malezas.



4.1.6. Métodos de control de malezas

Existen varios métodos para el control de las malezas o para reducir su infestación a un determinado nivel, entre éstos:

- a. Métodos preventivos que incluyen los procedimientos de cuarentena para prevenir la entrada de una maleza exótica en el país o en un territorio particular.
- b. Métodos físicos: arranque manual, escarda con azadón, corte con machete u otra herramienta y labores de cultivo.
- c. Métodos culturales: rotación de cultivos, preparación del terreno, uso de variedades competitivas, distancia de siembra o plantación, cultivos intercalados o policultivo, cobertura viva de cultivos y manejo de agua.

- d. Control químico a través del uso de herbicidas.
- e. Control biológico a través del uso de enemigos naturales específicos para el control de especies de malezas.
- f. Otros métodos no convencionales, por ejemplo la solarización del suelo.

Para controlar malezas se debe hacer un programa que incluya prácticas preventivas, control mecánico y químico, según sean las especies de malezas predominantes y los niveles de infestación que existan. Además, es importante considerar el impacto ambiental y económico que pueda tener el uso de productos fitosanitarios.

4.1.6.1. Control mecánico

Esta labor se inicia con la preparación de suelo, que tiene por objeto, fuera de mullirlo, el controlar malezas. Para este efecto, labores superficiales crearán las condiciones necesarias para que las semillas germinen, las que serán controladas con rastros sucesivos. Labores profundas serán contraproducentes, ya que traerán a la superficie semillas de malezas que se encontraban latentes.

- Mecánico manual: uso de implementos agrícolas como azadón y raspador.
- Mecánico tiro animal: uso de implementos agrícolas como rastra de discos, arado y rastra de clavos de tiro animal.
- Mecánico tiro tractor: uso de implementos agrícolas como arado, rastra y rastra de clavos, de tiro mecanizado.



Figura 4.5. Control mecánico de malezas.

4.1.6.2. Control químico

El control químico consiste en aplicar productos elaborados para destruir las plantas superficiales, el productor debe emplear este tipo de control solamente cuando las medidas preventivas y de control mecánico no sean suficientes para combatir las malezas existentes. Los herbicidas ofrecen una alternativa, siempre



que sean efectivos, no costosos y no tóxicos para las plantas y los consumidores de papa.

4.1.6.2.1. Clasificación de herbicidas

- Por la manera de actuar: sistémicos y de contacto.
- De acuerdo a la forma de aplicación: al follaje, al suelo, y al follaje y suelo.
- Según el efecto residual: no residuales y residuales.
- Según la época de aplicación: presiembra, preemergencia y postemergencia.



Las condiciones de suelo y clima afectan la eficacia de los herbicidas.

Herbicidas de contacto. Destruyen las malezas en germinación, pero tienen poca o ninguna acción en el suelo para prevenir su posterior germinación. Los principales productos de este tipo utilizados son el paraquat y diquat, que destruyen las malezas brotadas dentro de uno o dos días y que se inactivan en contacto con el suelo.

Herbicidas residuales de pre-emergencia. La mayoría tiene un grado variable de acción foliar de contacto, por lo que son capaces de destruir plántulas de malezas. Todos los herbicidas con acción residual son más efectivos cuando se aplican sobre suelo saturado de humedad o cuando se produce un riego por aspersión o lluvia poco después de la aplicación.

Herbicidas de post-emergencia. Hasta ahora los únicos compuestos seguros de esta agrupación para la papa son los graminicidas específicos. De igual forma, es posible utilizar herbicidas de suelo activos en emergencia temprana; aplicaciones con plantas de más de 7 cm de desarrollo presentarán síntomas de toxicidad en el follaje.



Los herbicidas residuales son más eficientes cuando la superficie del suelo está finamente preparada.

Los herbicidas de contacto y de post-emergencia no se deben aplicar cuando hay lluvia inminente.

El método de irrigación también puede afectar la actividad del herbicida; se ha demostrado que los herbicidas residuales actúan mejor bajo riego por aspersión que bajo riego por surcos.

4.1.6.2.2. Herbicidas específicos para papa

Metribuzina: es una triazina que posee una alta solubilidad en el agua, es relativamente móvil en el suelo, donde persiste durante todo el ciclo de desarrollo de la mayoría de los cultivos anuales. Este producto se utiliza en

preplantación, preemergencia y post- plantación (emergencia temprana). Productos comerciales de Metribuzina son Sencor, Bectra y Metriphar.

Este herbicida para el control selectivo de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas anuales, se aplica al suelo donde es incorporado en los primeros centímetros de suelo por la lluvia. Puede actuar por contacto (de manera similar al Paraquat o Diquat), inhibiendo el proceso fotosintético en las células del parénquima en empalizada.



Figura 4.6. Efecto contacto de metribuzina.

La acción deseable es cuando las moléculas de metribuzina son absorbidas por las raíces de las malezas que emergen en el cultivo y, después son transportadas en el xilema hasta llegar a las hojas donde inhiben el proceso fotosintético.

Cuando la aplicación de metribuzina al suelo es deficiente, sea por condiciones ambientales inadecuadas, como viento excesivo o ausencia de humedad; o por aplicaciones con bajos volúmenes de agua y presencia de terrones en el suelo (efecto sombra), se produce desarrollo de malezas que no son controladas adecuadamente.



Otros herbicidas suelo activos utilizados para controlar malezas en papa son Matrix (Rimsulfuron) y Pledge (Flumioxazin).

4.1.7. Alternativas para el control de malezas en papas

Existen varias de alternativas, a continuación se mencionan algunas de ellas

Alternativa 1

Plantar y pasar un rastraje liviano previo a la brotación del cultivo para destruir las plántulas de malezas germinadas. El nuevo brote de malezas que surgirá después de esta labor será destruido durante la aporca. A continuación de un riego o una lluvia se aplica un herbicida residual a una dosis baja, pero suficientemente alta para contener a las malezas, hasta que la papa haya formado un buen follaje.

Alternativa 2

Después de plantar, aplicar una dosis reducida de herbicida residual para prevenir el crecimiento de la mayoría de las malezas, hasta que se realice la labor de aporca.

Alternativa 3

Cuando las labores de cultivo sean el único método disponible para controlar malezas, éstas se deben realizar siempre que las condiciones climáticas sean favorables y el riesgo de compactación del suelo sea mínimo. Esto significa intervenir cuando el suelo esté bien preparado y no húmedo.

Cuadro 4.1. Alternativas de herbicidas utilizados en papa.

NOMBRE COMUN NOMBRE COMERCIAL (DOSIS)	MALEZAS CONTROLADAS	RECOMENDACIONES
Diclofop metil ILOXAN 28 EC (1,5-3 lt/ha)	Ballica, avenilla, cola de zorro, pasto cebolla, hualcacho, pata de gallina, tembladerilla	Herbicida selectivo, de post emergencia con surfactante incorporado. Aplicar al inicio de crecimiento con 1-4 hojas de la maleza hasta inicio de macolla. En presencia de cola de zorro y pasto cebolla aplicar dosis alta. Para malezas de hoja ancha y gramíneas aplicar 1,5 lt/ha + Afalon 0,8 kg/ha. En cultivos escardados usar dosis mayores
AFALON (1,5-3 kg/ha) LINUREX 50 WP (1,5-3 Kg/ha) LINUREX 50 SC (1,5-3 lt/ha) LINURON 500 WP (1,5-3lt/ha) LOROX DF (1,5-3 Kg/ha)	Llantén, pega-pega, pichoga, piojillo, malvilla, mastuerzo. Malezas anuales. Malezas de hoja ancha y angosta	Aplicar de pre emergencia, inmediatamente después de la siembra, usando 200-400 lt de agua/ha en aplicaciones terrestres. Emplear dosis menores en suelos livianos y las mayores en suelos pesados o con alto contenido de materia orgánica. No controla avenilla, arvejilla, ni malezas perennes como correhuela y chepica
Metribuzina BECTRA 48 SC (0,5-1,5 lt/ha) LEXONE 75 DF (0,2-0,65 lt/ha)	Malezas de hoja ancha anuales, hierba de la culebra, manzanilla, hierba hedionda, mostacilla, yuyo, rábano, ortiga, duraznillo, sanguinaria, enredadera, bledo	Tratamiento de pre emergencia después de la aporca. En suelos livianos, con bajo contenido de materia orgánica o arcilla. Tratamiento de post emergencia aplicarlo antes que las malezas alcancen 2,5 cm de altura y con brotes de 5 cm como máximo
Metribuzina SENCOR 480 SC (0,6-1,4 lt/ha)	Malezas de hoja ancha y gramíneas	Si son papas de zona sur aplicar 1,1-1,4 lt/ha desde que se insinúen las melgas hasta que las plantas tengan 10 cm de altura. En post emergencia aplicar menos dosis a 10-15 cm de altura de las plantas y malezas en emergencia. En pre emergencia aporcar antes

Cuadro 4.2. Herbicidas utilizados en papa.

Herbicida		Época aplicación			Malezas objetivo
Ing. activo	Nombre comercial	Pre-P	PRE-E	POS-E	
Linuron*	Afalon 50 WP; linurex 50 WP; Linurex 50% SC; Lorox WP; norunil 50 SC		✓		H.A. y algunas G
Metribuzina	Sencor 480 SC; Bectra 48 SC; Metriphar 480 SC		✓	✓	H.A. y algunas G
Pendimetalin	Herbadox 330 EC; Herbadox 45 CS; Spectro 33 EC; Spectro 40 EC; Pendimetalin 33%EC		✓		G y algunas H.A.
Clomazone	Command 4 EC		✓		H.A.
Aclonifen	Prodigio 600 SC		✓		H.A.
Metolacoloro	Dual Gold		✓		G
Prosulfocarb	Falcon		✓		G
Rimsulfuron	Matrix		✓	✓	H.A. y G
Paraquat	Gramoxone Super, Kazaro 276 SL, Roaster	✓			H.A. y G (desecante)
Diquat	Reglone, Nuquat	✓			H.A. y G (desecante)
Tepraloxdim	Aramo			✓	G
Clethodim	Centurion 240 EC; Centurion Super; Aquiles			✓	G
Propaquizafop	Agil			✓	G
Quizalafop	Pantera plus; Flecha 9.6 EC; Assure Pro			✓	G

CAPÍTULO 5

5.1. Manejo post plantación

Posterior a la plantación y en la etapa inicial de su desarrollo, en el cultivo de papa se realizan varias labores de escarda o movimiento de tierra, generalmente con la finalidad de controlar malezas o crear condiciones adecuadas para el crecimiento de los tubérculos.

5.1.1. Borrado del camellón de plantación

La expresión del potencial de producción de un cultivar de papa es la resultante del manejo realizado durante todo el desarrollo del cultivo, para ello se requiere que se cumplan tres condiciones básicas:

- a. El cultivo debe desarrollarse rápidamente, de modo que lo más pronto posible alcance un máximo de masa foliar.
- b. El follaje debe haber alcanzado un máximo desarrollo al momento del inicio de la formación de tubérculos.
- c. El follaje debe permanecer en ese estado de desarrollo el mayor tiempo posible.

La primera condición implica que los tubérculos deben brotar lo antes posible de tal modo que el cultivo emerja rápidamente. Para brotar, la papa necesita una temperatura de suelo de al menos 9 °C, por lo cual una profundidad excesiva retrasará la emergencia.

Después de efectuada la labor de plantación, ya sea tapando con arado, semimecanizada o mecanizadamente, se forma un camellón de plantación de alrededor de 15 cm de altura que cubre al tubérculo (figura 5.1). A esta profundidad de plantación se retrasa o se dificulta la emergencia, especialmente cuando la plantación se efectúa temprano en la temporada.

La posición correcta de los tubérculos en el suelo y la forma del camellón debe ser la indicada en la figura 5.2. Los tubérculos semilla de papa deben quedar a la altura de la superficie original del terreno y cubiertas por una capa de suelo no superior a 4 ó 5 cm. Para ello se debe borrar el camellón de plantación, por lo general, 8 a 12 días post plantación, cuando han brotado las primeras malezas, aprovechando esta labor para efectuar un primer control.

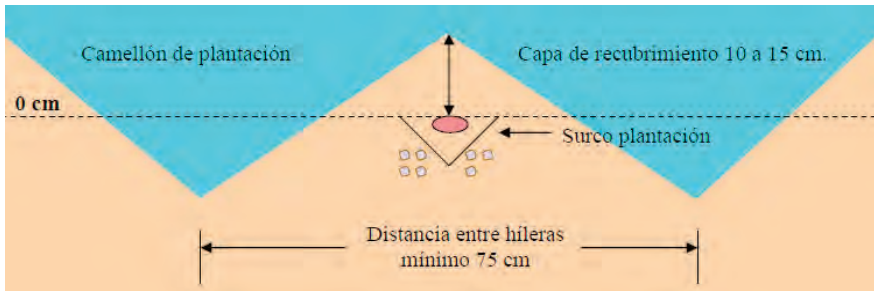


Figura 5.1. Profundidad de plantación.

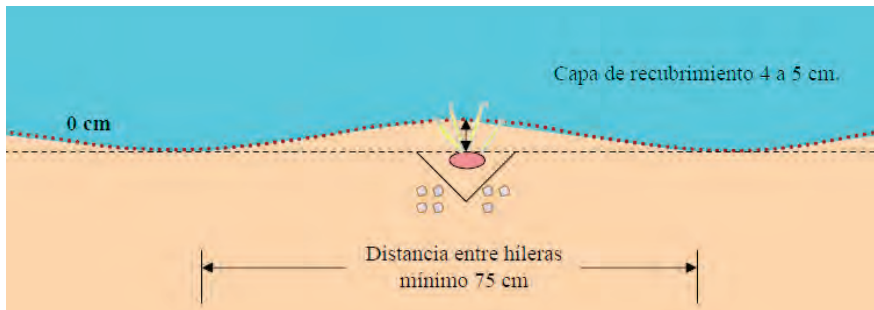


Figura 5.2. Profundidad de plantación definitiva.

El borrado del camellón se puede efectuar con una rastra de clavos liviana, con un rastrón plano de madera o con un rodón; además, estos dos últimos implementos producen una leve compactación superficial del suelo, rompiendo la capilaridad de éste y contribuyendo a conservar su humedad.

La ubicación superficial de los tubérculos al momento de la plantación y después de borrado el camellón permitirá:

- Establecimiento de una capa de suelo de recubrimiento de 4 a 5 cm de espesor sobre los tubérculos.
- Aumento de la temperatura del tubérculo semilla por el incremento de la temperatura superficial del suelo en la zona de semilla.
- Brotación y emergencia rápida.
- Control de las malezas brotadas.

El criterio a aplicar es que el cultivo emerja y se desarrolle rápido, y lo más pronto posible alcance un máximo de masa foliar.



Figura 5.3. Desarrollo inicial post emergencia de plantas de papa. (Foto INIA).

5.1.2. Aporca

El último movimiento de tierra corresponde a una práctica común al cultivo de la papa llamada aporca, que consiste en acumular tierra alrededor del cuello de la planta. Si bien, la aporca no tiene efecto en el rendimiento, cumple el objetivo de proteger los tubérculos evitando que se descubran; rompe la capilaridad del suelo protegiendo la humedad de éste; evita la contaminación con enfermedades fungosas como el tizón tardío y los daños que puedan ocasionar animales. Además, en forma secundaria, ayuda a la planta a mantenerse verticalmente y soportar su peso; protege las raíces superficiales y favorece el surgimiento de las raíces adventicias; favorece la aireación del suelo; facilita el riego por surco y cubre el fertilizante para que el aprovechamiento por parte de las plantas sea mayor (figura 5.4). Al realizar esta labor debe existir suficiente tierra entre las hileras del cultivo, para efectuarla en forma adecuada; por lo cual bajo nuestras condiciones es necesario una separación entre hileras de plantación o siembra de al menos 75 cm.

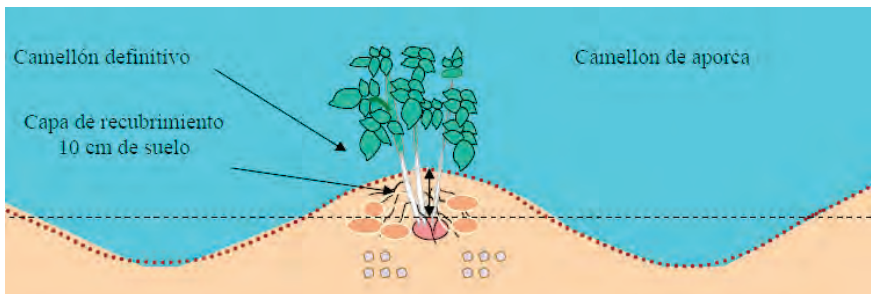


Figura 5.4. Aporca.

Protección del tubérculo: la pérdida de tierra superficial o el crecimiento desmedido de los tubérculos, pueden causar que éstos queden descubiertos y expuestos al efecto de la luz, el sol y las heladas. La luz indirecta produce el

verde de los tubérculos, característica no deseable que afecta la calidad del producto y su comercialización cuando se destina a consumo. De igual modo, la exposición directa a la luz solar y al efecto de las heladas produce el quemado y posterior pudrición de los mismos.

Protección de la humedad del suelo: para entender esto basta decir que todo movimiento superficial entre los 3 y 5 cm de suelo, realizado después de un riego o lluvias, evitará la pérdida de agua por evaporación. Después de cada lluvia o riego, se establece en el perfil del suelo una fuerte relación entre los espacios porosos, constituyendo verdaderos vasos capilares por donde asciende el agua, sin mayor esfuerzo. Al llegar a la superficie, tanto el viento como la temperatura, aumentan la evaporación, provocando una rápida pérdida de la reserva de agua del suelo. La aporca rompe estos vasos capilares y la tierra removida actúa como capa protectora de la parte inferior del suelo, por lo tanto impide que el agua se evapore.

Disminución del daño por tizón tardío: la contaminación de los tubérculos con tizón tardío se produce cuando el hongo que está en el follaje toma contacto directo con la superficie del tubérculo produciéndole una lesión superficial. La presencia de una capa de tierra seca actúa como barrera física que impide el contacto del hongo con la papa. Sin embargo, bajo condiciones de crecimiento rápido de éstos, se producen agrietamientos en el suelo, exponiéndolos a la infección.

5.1.2.1. Tipos de aporca

Aporca manual: se realiza utilizando herramientas manuales como azadones, gualatos y raspadores, picando el suelo de la entre hilera y desplazando la tierra suelta hacia los tallos de las plantas desde ambos costados de la hilera, para formar un camellón. La aporca manual permite la realización de una preaporca baja cuando las plantas están pequeñas, con la finalidad de controlar malezas, soltar el suelo y protegerlas del efecto de las heladas.

Aporca semi mecanizada: se realiza utilizando arados de tiro animal, sean estos de fierro (cama fija o de vuelta y vuelta) o arados de madera (arados de palo o arado chanco). Este tipo de aporca también permite la realización de una preaporca, ya sea con estos mismos arados o mediante el uso de escardadores tipo cincel.

Aporca mecanizada: se realiza utilizando implementos montados a los tres puntos del tractor, pudiendo ser éstos:

- Implementos de acción simple como los surcadores de tres puntas, que rompen el suelo suelto y lo desplazan sobre la hilera.
- Implementos de acción simple con formado y apretado del camellón.
- Implementos con fresador, con formado y apretado de camellón.

5.1.2.2. Momento de realizar la aporca

Su realización dependerá del estado del cultivo, del objetivo de éste, del manejo y la disponibilidad de implementos y maquinaria. De este modo, cada agricultor determinará cuántas veces y en qué oportunidad la realizará.

A la plantación o siembra: corresponde a una aporca definitiva realizada al momento de plantar los tubérculos, dejando el camellón formado. Esto se realiza cuando se hace en forma mecanizada. Sin embargo, por quedar los tubérculos a una mayor profundidad, la emergencia es más tardía. Por otra parte, presenta una mayor evaporación, puesto que los capilares estarán constituidos desde el inicio del crecimiento, también obliga a que se apliquen inmediatamente herbicidas, puesto que no se realiza movimiento de suelo posteriormente. La ventaja de este sistema es el ahorro en el número de labores. En algunas ocasiones se ha observado un aumento de daño por rizoctonia y problemas de emergencia.



Con plantas de poco desarrollo: se realiza con plantas de 10 a 15 cm de desarrollo como pre aporca, requiriendo posteriormente una segunda aporca definitiva.

El objetivo puede ser controlar malezas, soltar el suelo o conservar humedad cuando se realiza inmediatamente después de una lluvia; constituyéndose como una labor favorable para el desarrollo del cultivo, especialmente en el caso de papa nueva. Que el follaje quede tapado con tierra, por lo general no provoca mayor daño en la planta, generando sólo un poco de retraso en su desarrollo.

Con plantas de mayor desarrollo: corresponde a una aporca definitiva realizada cuando las plantas tienen de 25 a 30 cm de alto. Los principales inconvenientes son el posible daño efectuado a las raíces de las plantas cuando la labor se realiza tarde, con plantas de más de 30 cm de altura.



Figura 5.5. Aporca definitiva, semillero variedad Cardinal, sector Puerto Domínguez, La Araucanía.



Figura 5.6. Aporca definitiva, variedad Desirée, sector Cañete, región del Biobío.



CAPÍTULO 6

6.1. Riego

6.1.1. Importancia del agua en el cultivo de papa

En la agricultura de la zona centro norte y centro sur, el riego es el factor agronómico más importante, ya que el cultivo depende en su totalidad del aporte de esta agua, debido a la carencia de aportes naturales de precipitaciones, siendo indispensable para lograr una adecuada producción.

En la zona sur, las pérdidas de agua por evapotranspiración se hacen más evidentes a partir del mes de agosto aumentando de manera sostenida entre los meses de septiembre y marzo, período que coincide con la mayor concentración de plantaciones de papa (figura 5.5 y 5.6). Un buen cultivo de papa requiere de 450 a 550 mm de agua, dependiendo de las condiciones climáticas y de la duración del cultivo.

El agua es el vehículo que facilita el movimiento de los nutrientes hacia las raíces; solubiliza las sales, favoreciendo su absorción por las raíces; hace posible la mineralización de la materia orgánica activa del suelo, liberando nitrógeno y fósforo inorgánico, disponible para las raíces de las plantas. Todo esto es posible gracias a la actividad biomásica de los microorganismos, los cuales requieren humedad para su crecimiento y desarrollo.

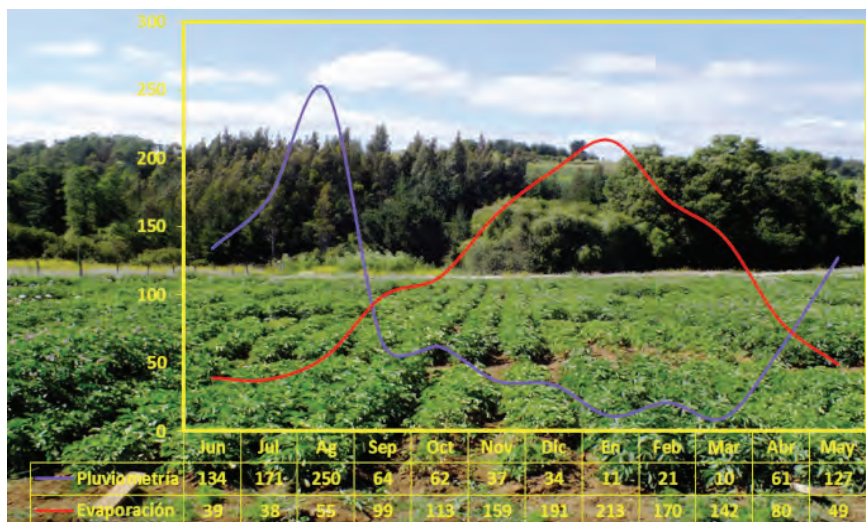


Figura 6.1. Precipitación mensual y evapotranspiración de referencia, Tranapunte, región de La Araucanía.

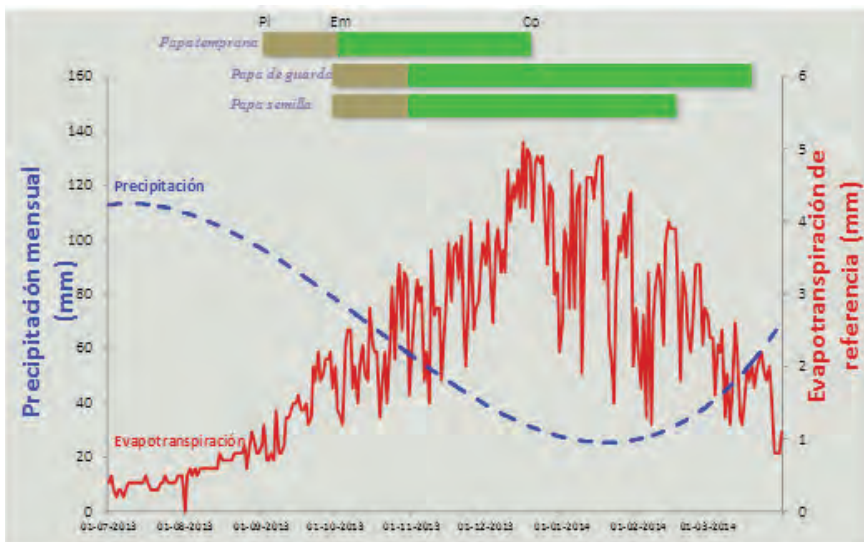


Figura 6.2. Precipitación mensual y evapotranspiración de referencia, INIA Remehue, Región de Los Lagos.

El cultivo de la papa es sensible al déficit hídrico (períodos críticos) entre el inicio de la estolonización y formación de tubérculos, al desarrollo de la cosecha; mientras que los períodos menos sensibles corresponden a aquéllos de maduración y a su fase inicial. Esta respuesta diferenciada se debe a que el agua tiene estrecha relación con procesos fisiológicos internos de la planta, reconociéndose en la papa al menos 4 estados fenológicos: Establecimiento, Desarrollo vegetativo, Formación de la producción y Maduración.

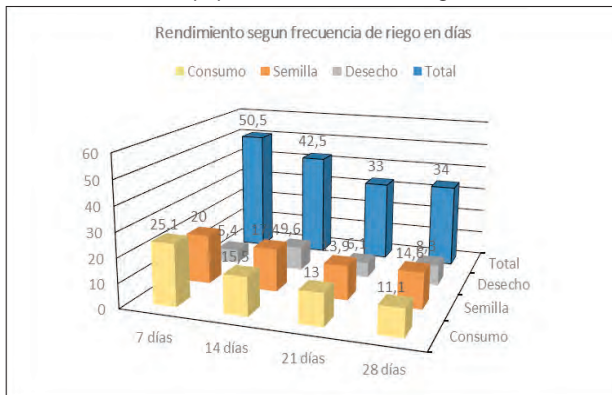
Evaluaciones efectuadas en la zona sur, indican que cultivos de papa bajo condición de riego alcanzan rendimientos superiores a 70 t/ha (1.400 sacos/ha) con la mayoría de las variedades y utilizando cualquier sistema de riego, con potenciales de rendimiento en torno a las 90 t/ha (figuras 19, 20 y 21).

Figura 6.3. Efecto del riego en el rendimiento de papa.



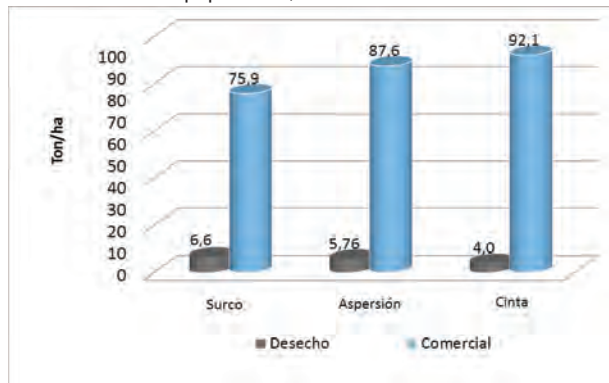
(Fuente: García, J.C. (s.f.). UFRUFundo Maipo).

Figura 6.4. Rendimiento de papa cv Desirée (t/ha), según frecuencia de riego.



(Fuente: Varas, E. 2003. Quiriquina, Ñuble).

Figura 6.5. Rendimiento de papa (t/ha), utilizando distintos sistemas de riego.



(Fuente: INIA, PROMM Faja Maisan; y, Programa de Transferencia Tecnológica).

6.1.2. Clasificación de los métodos de riego

Una de las características que permiten clasificar los diferentes métodos de riego es la energía con que se mueve el agua (Cuadro 6.1). Desde este punto de vista se pueden clasificar en métodos gravitacionales y presurizados.

Cuadro 6.1. Clasificación de los métodos según la fuente de energía utilizada.

FUENTE DE ENERGÍA	TIPO DE RIEGO	ALTERNATIVAS
MÉTODOS GRAVITACIONALES	Tendido mejorado	
	Surcos	Surcos Rectos
		Surcos en contorno
		Surcos Taqueados
		Surcos en Zig Zag
Bordes o Platabandas		
MÉTODOS PRESURIZADOS	Aspersión	
	Localizados	Goteo
		Microaspersión
		Cintas

En el Cuadro 6.2 se presentan las condiciones topográficas, de suelo y cultivos según método de riego.

Cuadro 6.2. Adaptación de algunos métodos de riego en relación al cultivo, topografía y características de suelo.

METODO DE RIEGO	CULTIVO	TOPOGRAFÍA	SUELO
Tendido mejorado	Cultivos de siembra densa (praderas, cereales)	Suelos con pendiente hasta 8 %, ondulados	Todo tipo de suelos regables; suelos poco profundos que no son factibles de nivelar
Surcos rectos	Cultivos en hilera : maravilla , maíz, frejol, papa, remolacha adaptado a cultivo mecanizado	Pendientes uniformes hasta 2 %, óptimo 0,2 %	Adaptado a la mayoría de los suelos, ajustando longitud del surco a características de suelo.
Surcos en contorno	Mismos anteriores	Terrenos ondulados pendientes entre 2 y 10 % óptima inferior a 7 %	Suelos de texturas medias a arcillosas que no se agrieten al secarse. Peligro de erosión por agua que reviente surcos.
Platabandas o bordes	Cultivos de siembra densa (cereales, raps) y praderas	Pendientes uniformes hasta un 3 % óptima 0,2 %	Suelos profundos factibles de nivelar; se adapta a todas las texturas de suelos ajustando el largo de bordes a características de suelo
Aspersión	Todos los cultivos, algunos requieren tratamientos fitosanitarios en período de fructificación, posible daño de frutos	Adaptado a terrenos irregulares, suelos que no se pueden nivelar; suelos con pendientes altas.	Adecuado a la mayoría de los suelos cultivables

6.1.3. Necesidades de agua del cultivo

Las necesidades de agua del cultivo dependen de las épocas del año, del estado de desarrollo y de los períodos críticos de mayor demanda hídrica. Pero lo más importante, en la mayor o menor demanda de agua del cultivo, es la profundidad a que llegan sus raíces. Las plantas nuevas requieren tiempos de riego cortos, por la poca profundidad de sus raíces, pero a su vez, riegos más frecuentes. A medida que la planta crece, va necesitando riegos menos frecuentes pero de mayor tiempo. También hay obstáculos para el desarrollo radical, como el pie de arado, alto nivel freático, presencia de tosca o roca, etc.

6.1.3.1. Medición práctica de cuánta agua aplicar

Para determinar la cantidad de agua a aplicar en un suelo y cultivo, se eligen tres sectores y se les aplica un mismo caudal de agua. Por ejemplo, si es goteo, 4 litros por hora durante distintos tiempos de riego (por Ej.: 10 min al sector 1; 20 min al sector 2 y 30 min al sector 3). A los dos días se revisa cada sector sacando muestras con barreno. El tiempo de riego correcto será aquel en que el agua haya llegado a la profundidad media de las raíces.

La forma directa y precisa de estimar el momento de realizar el riego es mediante un monitoreo del estado hídrico del suelo. Puesto que el contenido de humedad se corresponde con un estatus de succión del agua en el suelo, o presión negativa, que es diferente para cada nivel de humedad y en cada suelo, ésta puede ser registrada por un tensiómetro u otros instrumentos como Watermarks® que miden esta tensión (del agua en el suelo).

CAPÍTULO 7

7.1. Enfermedades del cultivo de la papa

7.1.1. Principales enfermedades del follaje

7.1.1.1. Tizón tardío de la papa

El tizón tardío causado por el hongo *Phytophthora infestans* Mont de Bary, es una de las enfermedades más importantes del cultivo de la papa a nivel mundial. Está presente en casi todas las áreas donde se cultiva en el mundo, provocando mayores pérdidas en zonas templadas y húmedas, ya que puede matar una plantación en 7 - 10 días. También cabe destacar que el tizón tardío afecta a otros cultivos como tomate y otras plantas de la familia de las solanáceas.

7.1.1.1.1. Ciclo de la enfermedad

La infección de los tubérculos comienza cuando las zoosporas son lavadas por la lluvia desde las hojas y caen al suelo, donde infectan los tubérculos por las lenticelas o heridas. Los tubérculos también pueden infectarse al momento de tomar contacto con follaje o tubérculos enfermos durante la manipulación de semillas o la cosecha.

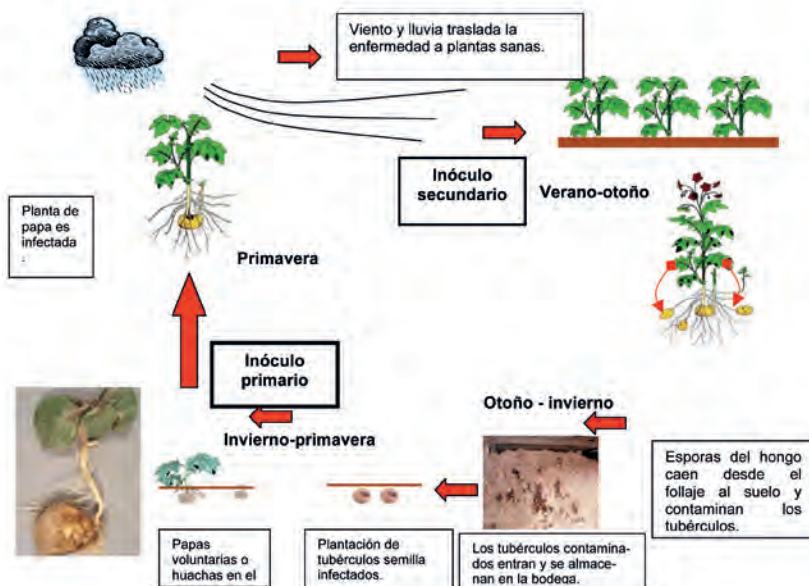


Figura 7.1 . Ciclo biológico de la enfermedad.

Síntomas

Afecta las hojas, los tallos y los tubérculos y puede destruir un campo de papas en pocos días, ya que se desarrolla rápidamente a temperaturas medias y con alto grado de humedad.

Generalmente, primeros síntomas aparecen en los bordes de las hojas inferiores, como pequeñas manchas de color verde oscuro de aspecto "acuoso" (sensación húmeda al tacto), sólo detectables al abrir en forma manual el follaje y revisar con detenimiento. Las lesiones se expanden rápidamente, formando zonas color marrón atizonadas irregulares.

La esporulación se produce con temperaturas moderadas (entre 7° y 25°C), requiriéndose al menos de 12 h continuas con 90° de humedad relativa para que se produzca la infección y, entre 5 a 7 días, para desarrollar los primeros síntomas.



Tizón inactivo. Si a la infección le siguen condiciones de clima seco la enfermedad se detiene y permanece latente hasta que se repitan condiciones óptimas con alta humedad. En este caso, se forma un borde amarillo limón alrededor de la lesión, la cual presenta un aspecto seco donde el tizón se encuentra inactivo; al tocar la lesión y presionarla con los dedos, esta se presentará seca y se resquebrajará.



Tizón activo. Si las condiciones de humedad persisten, la enfermedad se desarrolla rápidamente y evoluciona haciendo que todo el follaje se afecte, colapse y muera. Bajo esta condición se forma alrededor de la lesión y delimitándola, un borde verde pálido característico, correspondiente al frente de avance del hongo que separa el tejido sano del enfermo. La lesión se observa de aspecto “acuoso húmedo”.



Infección de los tubérculos. Comienza cuando en condiciones de humedad, los esporangios y zoosporas que se encuentran en hojas y tallos son lavados y arrastrados por la lluvia hacia el suelo, e infectan los tubérculos que se encuentran cerca de la superficie, a través de heridas o las lenticelas. Otras vías de infección de los tubérculos son: en cosecha, al tomar contacto con follaje enfermo o con tubérculos enfermos; en almacenaje; y durante la manipulación y selección de la semilla.

Una vez dentro de las células del tubérculo, se forman los haustorios, de la misma manera que en las hojas, y utilizan el contenido de las células como alimento. Las infecciones secundarias de otros microorganismos pueden producir pudrición de los tubérculos en el suelo o bajo condiciones de almacenamiento inadecuado.

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

- **Tubérculos semilla infectados.** En áreas donde se cultiva la papa sólo en determinadas temporadas los tubérculos semilla enfermos constituyen generalmente la fuente más importante de infección. Los tubérculos se infectan a través de sus lenticelas y lesiones cuando, por acción de la lluvia las esporas caen de las hojas y penetran en el suelo, especialmente cuando las papas se forman en la superficie del suelo y no están suficientemente cubiertas por la aporca. En la cosecha los tubérculos también pueden ser contaminados por contacto con el follaje dañado. Normalmente, los infectados por tizón se pudren cuando son sembrados en el campo. Sin embargo, algunos llegan a formar brotes que luego se convierten en fuentes primarias de infección.
- **Pilas de tubérculos descartados.** Se encuentran a menudo tubérculos infectados en las pilas de papas desechadas. También los de cosechas anteriores o papas voluntarias, que hayan quedado en el potrero, pueden estar infectados y convertirse en una fuente primaria de infección para un cultivo nuevo.
- **Cultivos de papa vecinos.** Constituyen otra fuente de infección, especialmente en áreas donde se cultiva la papa todo el año.
- **Otras plantas hospederas.** Otras solanáceas pueden ser afectadas por *P. infestans*. En la mayoría de los países, el tomate es el hospedero alerno más importante.

7.1.1.1.2. Medidas de prevención y control

Semilla libre de enfermedades. El uso de semilla no infectada es una condición básica para la producción de papa, puesto que elimina del campo una fuente primaria de infección.

Procedimiento de siembra. Donde las temporadas de lluvia sean definidas, la severidad de la enfermedad puede reducirse mediante un cambio en momento

de la siembra. Esto puede, sin embargo, reducir el rendimiento, pues la papa necesita abundante agua durante la formación del tubérculo.

Manejo agronómico. Cualquier tratamiento que acelere el secado del follaje y reduzca la humedad dentro del cultivo, contribuye a restringir el desarrollo de la enfermedad. Entre estos tratamientos se encuentran una mayor distancia de siembra y los procedimientos apropiados de riego. El riego por aspersión tiende a incrementar la severidad de la enfermedad. Los tubérculos sin cubrir, o pobremente cubiertos con suelo, son fácilmente infectados por las esporas que el agua arrastra del follaje. Una aporca adecuada reduce la cantidad de esporas que llegan a los tubérculos y puede conducir a que el campo seque más rápido después de una lluvia.

Resistencia. Deben utilizarse variedades con mayor resistencia siempre y cuando tengan aceptación comercial.

Cosecha. Si el follaje ha sido afectado por el tizón tardío, debe ser destruido mecánicamente 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 enfermos y contribuye a la suberización de la piel, de tal manera que los tubérculos sean menos vulnerables a la infección. Además, reduce el daño mecánico y la infección causada por patógenos durante el almacenamiento. Los tubérculos sólo deben ser cosechados cuando están maduros (la piel ya no se desprende al frotarlo). El suelo debe estar seco para impedir la infección a través de la piel dañada o las lenticelas. Solamente se deben almacenar tubérculos libres de enfermedades. Los residuos de un cultivo, incluyendo los infectados, deben ser retirados del campo o enterrados con labranza. Las pilas de tubérculos descartados deben ser cubiertos con suficiente tierra para impedir la emergencia de éstos.

7.1.1.1.3. Estrategias de control químico para tizón tardío

Calendario fijo

Esta estrategia plantea realizar aplicaciones de fungicidas en forma periódica con intervalos de tiempo definidos. Normalmente se inician las aplicaciones antes del cierre de la hilera, y se mantienen hasta la madurez del cultivo. Es importante la rotación de productos para no generar resistencia del hongo y el efecto residual de estos.

Sistema de alerta

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. Para ello se requieren datos climatológicos de una red de estaciones meteorológicas, que considere los siguientes parámetros: Temperatura, Humedad Relativa y Precipitaciones de los sectores de producción. Ventajas del sistema de pronóstico o Alerta Temprana.

- Es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones del agricultor.
- La información permite un mejor manejo de la enfermedad y el uso más eficiente y racional de los fungicidas disponibles para su control.
- Permite realizar aplicaciones de fungicidas en el momento oportuno y seleccionar el producto de acuerdo a su sistema y objetivo de producción.

7.1.1.1.4. Control de la enfermedad

La forma más eficiente de control es el denominado control integrado, que combina diferentes métodos o sistemas, como los métodos culturales, mecanización, drenaje del campo, sanidad en campo, manejo del riego, semilla sana, resistencia varietal, resistencia genética, etc. El control químico es una alternativa efectiva de manejo basado en el uso de tratamientos químicos con fungicidas; usados solos, en mezcla y/o en forma alternada.

Fungicidas de contacto o protectores: actúan solamente en la superficie de la planta donde el fungicida ha sido depositado y evitan que los esporangios que llegan a las hojas, germinen y penetren las células; debiendo cubrirse la mayor parte de la planta.

Fungicidas sistémicos: son absorbidos a través del follaje y se movilizan por parte de la planta. Estos fungicidas afectan varias etapas de la vida del hongo, según el ingrediente activo. Estos productos se pueden clasificar como:

- **Translaminar:** penetra en la hoja y se moviliza del haz al envés y viceversa, atravesando sus distintas capas, protegiéndola en su superficie y en forma interna. No tienen la capacidad de moverse de hoja a hoja. Son más eficientes que los de contacto, puesto que si la aplicación sólo llega a la superficie de la hoja (haz de la hoja), tienen la capacidad de atravesarla y protegerla en forma interna y por la parte de debajo de ésta (envés).
- **Acropétalo:** el químico puede moverse del punto donde penetra hacia arriba en la planta con diferente eficiencia, dependiendo del fungicida. Toda la planta quedará más o menos protegida, incluyendo las hojas y brotes desarrollados después de la aplicación. El fungicida se mueve a través de la lámina de la hoja y se trasloca en forma ascendente hacia

el nuevo follaje que no había sido aplicado. Ingresa desde la superficie de la hoja hacia el interior, cubriendo la lámina y la estructura interna, se trasloca a través del xilema al resto de la planta.

7.1.1.1.5. Condiciones apropiadas para el desarrollo de la enfermedad

De las fuentes primarias de infección, las esporas del hongo son diseminadas por el viento y el agua hacia otros cultivos. La enfermedad se desarrolla a temperaturas que van entre 15 y 25 °C., una vez producida la infección su desarrollo es más rápido a 21°C. Por otro lado se requieren humedades relativas cercanas al 100 % y 12 horas de humedad continua para infectar el cultivo, que manifestará sus primeros síntomas entre los 5 a 7 días después de la infección.

7.1.1.2. Tizón temprano de la papa (*Alternaria*)

El tizón temprano es causado por el hongo *Alternaria solani*, que se ha constituido como un problema serio en muchas áreas del mundo, donde no sólo afecta a la papa, sino también al tomate y a otras solanáceas. Si bien el tizón temprano ha sido menos estudiado que el tizón tardío, en los últimos años se ha observado que es una enfermedad importante en zonas templadas.

La enfermedad ataca al follaje y algunas veces también a los tubérculos, constituyéndose como problema a fines de la estación, reportándose pérdidas en un 20 y 30% del rendimiento y en algunas ocasiones extremas, más del 50%.

Los primeros síntomas de esta enfermedad, se presentan en las hojas basales más viejas, como manchas circulares de color marrón oscuro con anillos concéntricos. Las hojas más jóvenes son más resistentes al patógeno y a medida que la planta envejece se desarrollan los síntomas típicos de la enfermedad, que por el crecimiento de las lesiones forma áreas necróticas (secas) más grandes, pero delimitadas por las venas de las hojas.

La infección foliar se desarrolla con alta temperatura (25 °C) y humedad, favoreciéndose por la lluvia y el rocío abundante y frecuente. Bajo condiciones de sequedad, el tejido dañado cae dejando un orificio en la hoja. El patógeno (organismo que causa la enfermedad) que está en el follaje o en el suelo infecta los tubérculos al momento de la cosecha.

El efecto del tizón temprano algunas veces puede ser enmascarado por la incidencia fuerte de otras enfermedades, como la marchitez ocasionada por el hongo *Verticillium*.



En papa almacenada, las pérdidas por *A. solani* pueden ser notables y alcanzar niveles de hasta 80% de los tubérculos con lesiones de tizón temprano. En algunos casos, la infección ha causado grandes pérdidas en papa almacenada para procesamiento, a temperaturas de 10°C o superiores.

7.1.1.2.1 Síntomas

En las hojas se desarrollan lesiones más o menos circulares, de color marrón oscuro, con anillos dispuestos concéntricamente semejando un tablero de tiro al blanco; primero se desarrollan en las hojas inferiores, más viejas. Según las condiciones ambientales y la variedad de papa, las lesiones se agrandan de 0,5-2,0 cm de diámetro, y a éstas se asocian áreas cloróticas alrededor y entre las lesiones. En condiciones de sequedad, las heridas pueden perforarse dejando huecos (que se asemejan a orificios de bala). Las hojas pueden volverse completamente cloróticas, secar y morir. La enfermedad generalmente ocasiona la defoliación, pero las hojas secas algunas veces quedan colgando de la planta. Lesiones similares ocurren también en los pecíolos y tallos. La infección en los tallos puede provocar que se quiebren y mueran las partes no infectadas de la planta que están más arriba. Los síntomas en el follaje pueden confundirse con la maduración temprana y los síntomas de la marchitez causada por *Verticillium*. 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 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. Con frecuencia

está rodeado por una zona angosta empapada de agua.

Los síntomas del tizón temprano no deben confundirse con los causados por *Phytophthora infestans* (tizón tardío). Las lesiones ocasionadas por este hongo en las hojas, generalmente no forman anillos concéntricos. Cuando existe alta humedad relativa, las lesiones muestran esporulación en forma de moho blanco en el envés de las hojas, lo que no ocurre con el tizón temprano. 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. La infección foliar es favorecida por el calor (alrededor de 25°C) y la humedad. La lluvia estimula la enfermedad, pero no es necesario que llueva si hay rocío abundante y frecuente.

Otros factores que aumentan la pérdida son el riego por aspersión, la cosecha mecánica y el almacenamiento a temperaturas elevadas (superiores a 10°C).

El patógeno que se encuentra en el follaje o en la superficie del suelo infecta los tubérculos dañados al momento de la cosecha. Cuando se toman medidas adecuadas, los tubérculos son menos susceptibles a daños mecánicos y en consecuencia al ataque del tizón temprano.

7.1.1.2.2 Medidas de prevención

El control de tizón temprano incluye:

- Precaución durante el manejo del cultivo
- Control químico
- Uso de variedades resistentes

Precaución durante el manejo del cultivo: debido a que el desarrollo del tizón temprano está relacionado con el vigor y la maduración del cultivo, el manejo agronómico para estimular el vigor y evitar la senectud rápida del follaje y la debilidad de la planta, ayuda a reducir la incidencia de la enfermedad. Esto incluye riego adecuado y aplicación de fertilizantes (de acuerdo con las recomendaciones). Se debe considerar que el riego por aspersión puede promover el desarrollo de la enfermedad.

Ya que las variedades de maduración precoz contribuyen a que se presenten graves diseminaciones secundarias de esporas, la siembra debe ser organizada de forma que las esporas que lleva el viento no pasen de las variedades precoces a las tardías.

Para prevenir la infección de los tubérculos, el follaje infectado debe ser

eliminado unos días antes de la cosecha y dejar tubérculos en el suelo hasta que su cáscara esté madura y más resistente a los daños mecánicos. Como *A. solani* sobrevive en los desechos de la planta, todos los residuos infectados deben sacarse del campo después de la cosecha. Aunque este patógeno es capaz de persistir de una temporada a otra, no puede sobrevivir períodos más largos. Por ello, la rotación de cultivos puede ayudar a reducir la cantidad de inóculo en un campo.

Control químico: el tizón temprano puede ser controlado en forma efectiva mediante pocas aplicaciones de fungicidas, siempre que la aspersión se efectúe de conformidad con la esporulación secundaria. Las aplicaciones tempranas tienen poco efecto, y las aplicaciones continuas e indiscriminadas no mejoran los resultados, y cuestan más.

Los mismos fungicidas protectores empleados para el control del tizón tardío son, por lo general, efectivos contra el tizón temprano. Hay que considerar que los fungicidas específicos para el control del tizón tardío (Propamocarb, dimetomorfo, cimoxanilo, etc.) pueden ser inefectivos para el tizón temprano. El uso de fungicidas específicos para control de *Alternaria* debe usarse en forma preventiva.

Uso de variedades resistentes: 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.

7.1.1.3 Botrytis

La pudrición gris es una enfermedad ocasionada por el hongo *Botrytis cinerea*, generalmente es de poca importancia económica. Los síntomas se hacen evidentes en el follaje hacia el final del período del cultivo afectando principalmente a plantas estresadas por diferentes causas (daño por herbicidas, falta de luz), debilitándolas y haciéndolas más susceptibles al ataque de otros patógenos. Las lesiones en las hojas superiores son raras. La enfermedad se desarrolla solamente durante los períodos de clima frío y húmedo, mayormente en los márgenes de las hojas, formando una especie de cuña bordeada por las nervaduras principales y puede, a simple vista, confundirse con el tizón tardío.

Inicialmente afecta las flores, las cuales se pudren y muestran una esporulación de color grisáceo. Posteriormente, el tejido infectado cae sobre las hojas, iniciando la infección del follaje, donde se presentan lesiones inicialmente café bronceado, húmeda en su inicio y delimitada por las venas. Las hojas inferiores



que se vuelven cloróticas por efecto de la falta de luz, como consecuencia de la sombra proyectada por el follaje superior o por daño físico, se pudren y el hongo fructifica en los pecíolos 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 pecíolos y la corteza del tallo.

La masa 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*. El hongo es acarreado por el viento y la lluvia depositándose sobre las plantas, iniciando una infección con temperaturas menores que para tizón tardío (entre 4° y 25°C). La infección se hace evidente en las partes senescentes de la planta que han sido predispuestas por un exceso de sombra o de humedad. Es característico el desarrollo de necrosis en forma de cuña o en "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. Bajo condiciones de alta humedad se puede observar el color gris plumizo (nunca blanco) de la esporulación del hongo, que puede ser en el haz o envés de la hoja.

La infección se hace evidente en las partes senescentes de la planta que han sido predispuestas 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.

Para que produzca infección en las hojas se requiere de alta humedad y temperatura relativamente baja.

7.1.1.3.1 Medidas de prevención

Las pulverizaciones con productos preventivos pueden ser de utilidad, siempre que el follaje no esté recibiendo demasiada sombra. En general, no es necesario el control químico. A la cosecha permitir que se produzca la cicatrización de las heridas antes de llevar a los tubérculos al almacenaje.

En temporadas recientes se han observado síntomas de *Botrytis* en cultivos de papas sometidas a estrés hídrico en la zona de Arauco; sin embargo, los síntomas desaparecieron una vez que se restituyó el riego en forma normal.

7.1.2. Enfermedades cuarentenarias

Desde el punto de vista económico se distinguen dos tipos de enfermedades o plagas:

- De ocurrencia habitual, que normalmente afectan y están presentes en el cultivo y que por su menor impacto económico para una zona o región, se tolera su presencia. Cuando estas enfermedades o plagas se desarrollan fuertemente pueden llegar a afectar en forma importante el rendimiento e incluso a destruir completamente al cultivo. Sin embargo, tienen formas de control conocidas y accesibles para los agricultores.
- Enfermedades o plagas cuarentenarias. Son de importancia económica potencial para el área en peligro, donde aún no se encuentra presente; o si lo está no se encuentra ampliamente distribuida y oficialmente hay control. Por lo general, el control de este tipo de enfermedad o plaga es muy difícil o no está al alcance de los agricultores.

Cuando se enfrenta una enfermedad o plaga cuarentenaria, se asume que las consecuencias económicas producto de su dispersión son tan graves, que no se tolera su presencia en el cultivo. Es por ello que en estas situaciones se establecen y conducen sistemas de control cuarentenario para una zona, región o país; constituidos por elementos físicos (barreras sanitarias, puestos de control), humanos (inspectores de cuarentena vegetal), técnicos y legales (leyes, normas y disposiciones), con el fin de proteger la sanidad agrícola.

En nuestro país, están presentes dos enfermedades y dos plagas cuarentenarias que corresponden al Carbón de la Papa, Marchitez Bacteriana, Nemátodo Dorado y Nemátodo de la pudrición seca.

7.1.2.1. Carbón de la papa

En Chile fue detectada por primera vez en 1975 en muestras provenientes de La Serena, y ese mismo año se encontró en tubérculos de la variedad Desirée, en la localidad de Coelemu, provincia de Ñuble; en 1976 se le detectó en la localidad de Belén, comuna de Putre, provincia de Parinacota (Región de Tarapacá); posteriormente, en 1993, se determinó su presencia en la comuna de Las Cabras, provincia de Cachapoal (Región de O'Higgins). Según información del SAG, las zonas donde el carbón se encuentra más distribuido son la comuna de La Serena, provincia de Elqui (Región del Biobío) y en las comunas de Cobquecura y Coelemu, provincia de Ñuble (VIII Región del Biobío). En el año 1995, se encontró un foco en la Región Metropolitana y en 1997 se determinó otro foco en la zona de Carahue, Región de La Araucanía. El Carbón de la papa es una enfermedad cuarentenaria y de suelo, causada por el hongo *Thecaphora solani*, que se caracteriza por formar tumores carbonosos en la base de los tallos y sobre los tubérculos, provocando pérdidas de calidad y rendimiento del orden de 50 a 85% en suelos altamente infectados.

El año 1997 el Servicio Agrícola y Ganadero detectó esta enfermedad en las comunas de Carahue y Puerto Saavedra con una ocurrencia focalizada en las vegas del Río Imperial, estableciéndose un bajo control oficial. El ingreso de la enfermedad a la zona se produjo debido al traslado, por comerciantes de papas, de la variedad Cardinal desde La Serena, con el fin de reproducirlas como semilla en la zona sur. Actualmente, existe una información detallada por temporada de los predios afectados a la fecha, los cuales se encuentran georeferenciados y bajo control cuarentenario amparados por las Resoluciones 1663 de la Dirección Nacional y 863 de la Dirección Regional de La Araucanía.

Los síntomas característicos de carbón de la papa en las plantas corresponden a la formación de agallas en la zona del cuello, bajo el suelo, de color grisáceo con cubierta semi rugosa e irregular (deforme); a primera vista estas agallas parecen tubérculos deformes y en su interior se encuentra una gran cantidad de puntos café oscuros a negros, que corresponden a los soros locales que contienen las esporas del hongo. Las plantas no muestran síntomas en la parte aérea, lo que dificulta su detección, determinándose la presencia de la enfermedad al momento de la cosecha.

En los tubérculos desarrollan síntomas de tamaño variable que van desde pequeñas deformaciones o ampollas poco perceptibles en la superficie de éstos, hasta agallas características de gran desarrollo y que al partirlas dejan en evidencia la presencia de un tejido (micelio) café oscuro a negro de aspecto granular.

Al igual que las papas, en nuestra zona es posible encontrar la enfermedad en plantas de malezas tales como chamico (*Datura stramonium* L.), y tomatillo (*Solanum nigrum* L.).



Figura 7.2. Agallas en la base de los tallos de papa. Agallas en plantas de Tomatillo.



Figura 7.3. Corte en bisel sobre tubérculo con bulbo necrótico.



Figura 7.4. Agallas desarrolladas sobre tubérculo.

7.1.2.2. Marchitez bacteriana

En 2009 se detecta por primera vez un pequeño foco en la zona de Carahue, en un establecimiento que contaba con papa adquirida en la Vega de Temuco. Posteriormente en 2013 se detecta en varias comunas de La Araucanía, fundamentalmente en plantaciones de agricultores empresariales. La propagación de esta enfermedad en la región se asocia a la distribución de la variedad Asterix, usada como “semilla ilegal” por comerciantes locales.

Enfermedad muy destructiva, producida por la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabunchi *et al*, que en las plantas en campo produce síntomas de marchitez, enanismo y amarillamiento del follaje, presentándose en cualquier estado de desarrollo del cultivo.

En plantas jóvenes y suculentas de variedades susceptibles, la infección produce una severa marchitez del follaje y decaimiento de los tallos (parecido a la falta de agua). Se puede afectar un lado del tallo o toda la planta cuando el ataque es fuerte, un tallo puede marchitarse, secarse completamente y desaparecer y el resto de la planta puede quedar sana. Al hacer un corte transversal del tallo podemos observar una necrosis en los haces vasculares. Un signo para diagnosticar la enfermedad, es la presencia de gotitas brillantes de color castaño grisáceo que exudan del xilema cuando se hace un corte transversal en el tallo infectado; al poner en contacto las dos superficies del corte y luego separadas lentamente, se pueden observar hilos delgados de mucosidad que se estiran. De igual forma, si se coloca un trozo de la base del tallo (2- 3 cm) en un vaso o tubo de vidrio transparente conteniendo agua limpia (se mantiene colgado con un clip), luego de unos minutos se observa la presencia de filamentos lechosos que salen por un extremo del tallo y se proyectan hacia el fondo del vaso.

En los tubérculos, el síntoma típico es la presencia de mucus bacteriano en los «ojos» de los tubérculos infectados al cual se adhiere tierra, en caso de infecciones severas.

Al hacer un corte transversal en las papas infestadas y luego presionarlas, se puede observar en los haces vasculares la presencia de mucus bacteriano de color blanco-cremoso y en estados avanzados, éste se pudre y es de color marrón.

La diseminación es principalmente a través de tubérculos semilla infectados. El patógeno puede sobrevivir en el suelo (en restos de plantas) y en la rizósfera de otros hospedantes (malezas, otros cultivos susceptibles y plantas voluntarias de papa).

La bacteria entra a las raíces por las heridas hechas por las herramientas durante el cultivo, heridas naturales, así como las producidas por nemátodos e insectos de suelo. La bacteria se disemina por el agua de riego contaminada, por contacto entre raíces de plantas y por el movimiento de suelo infectado adherido a las herramientas y a los pies de los agricultores, además de nemátodos e insectos del suelo.



Figura 7.5. Exudados bacteriano en los "ojos" del tubérculo. (Fuente: Central Science Laboratory, Harpenden Archive, British Crown, Bugwood.org.

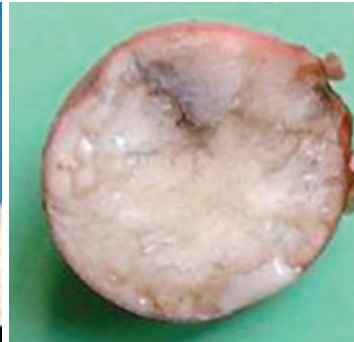


Figura 7.6. Exudados bacteriano saliendo de los haces vasculares del tubérculo. (Fuente: www.floresalud.es. Control de plagas Canarias.



Figura 7.7. Síntoma en planta. (Fuente: www.floresalud.es. Control de plagas Canarias,



Figura 7.8. Test de flujo, exudado sobrenadante en agua. (Fuente: www.floresalud.es. Control de plagas Canarias.



Figura 7.9. Síntomas externos en tubérculo. (Fuente: Plant Protection Service Archive. Plant Protection Service, Bugwood.org.

El control debe ser mediante manejo integrado, puesto que no existe un control químico efectivo. Se comienza por el uso de tubérculos semilla sana, variedades resistentes y tolerantes. Después de la cosecha, se deben eliminar rastrojos y plantas voluntarias; es recomendable hacer mínima labranza del suelo durante la temporada para evitar causar heridas en las raíces y controlar nematodos que pudiesen ocasionar heridas (vía de ingreso de la enfermedad).

7.1.2.3. Nemátodo dorado

En el año 2012 se detecta por primera vez en la Región de Los Lagos y en 2013 en la Región de Los Ríos.

Corresponde al nematodo *Globodera rostochiensis*, gusanito microscópico que produce significativas reducciones de rendimiento cuando existe una alta densidad poblacional.

La plaga causa síntomas aéreos poco diferenciables, excepto por una leve amarillez, menor vigor, escaso crecimiento y una senescencia anticipada. Las plantas evidencian hojas que toman un color verde pálido o amarillo que se marchita cuando el clima es cálido, presentan poco desarrollo y se ven descoloridas, con un debilitamiento progresivo, marchitamiento sin explicación y sin poder observar nada. Esto aumenta la susceptibilidad al frío, a hongos y bacterias oportunistas.

Las plantas afectadas pueden llegar a morir por la acción directa del nematodo o por los parásitos de debilidad. Pequeños quistes blanco-amarillentos se evidencian superficialmente en las raíces, durante la floración. Los machos

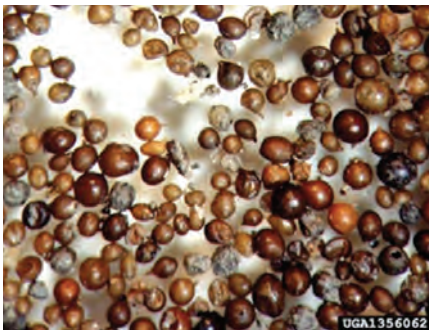


Figura 7.10. Quistes de diferente tamaño. (Fuente: Christopher Hogger, Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Bugwood.org.



Figura 7.11. Quiste aplastado con gran cantidad de huevos. (Fuente: Ulrich Zunke, University of Hamburg. www.forestryimages.org.

miden 1 milímetro y las hembras cuando están fecundadas son casi esféricas (quistes) que pueden quedar latentes en el suelo muchos años. Las larvitas que salen de los huevos penetran en las raíces, dañándolas. Los daños son más importantes en tierras arenosas que en arcillosas.

Esta plaga se disemina por el uso de semilla infectada, el agua de riego, el arrastre de tierra por lluvia, herramientas y maquinarias contaminadas con suelo infectado.



Figura 7.12. Quistes en raíces de papa. (Fuente: Bonsak Hammeraas, Bioforsk-Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Bugwood.org.



Figura 7.13. Quistes blancos en estolones de papa. (Fuente: Christopher Hogger, Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Bugwood.org.



Figura 7.14. Plantas afectadas, manifestación en campo. (Fuente: Bonsak Hammeraas, Bioforsk-Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, Bugwood.org.

7.1.2.4. Nemátodo de la pudrición seca

Corresponde a *Ditylenchus destructor*, nemátodos polífago que ataca alrededor de 70 especies de cultivos y malezas y también a algunos hongos. En Chile, hasta hace pocos años, constituía una plaga cuarentenaria en lista A1. Sin embargo, hoy se encuentra en nuestro país y está localizado como foco en las regiones de Antofagasta, de Los Lagos y Aysén, , constituyendo por lo tanto una plaga cuarentenaria en lista A2 (especie presente pero con distribución limitada y mantenida bajo control oficial). Su presencia fue detectada por el SAG en 1994 en la Región de Antofagasta y desde entonces ha sido reportado en diferentes regiones.

El síntoma típico del ataque de *D. destructor* es la pudrición seca del tubérculo. Ingresa al tubérculo a través de las lenticelas y una vez dentro del tejido forma colonias de individuos en todos los estados de desarrollo.

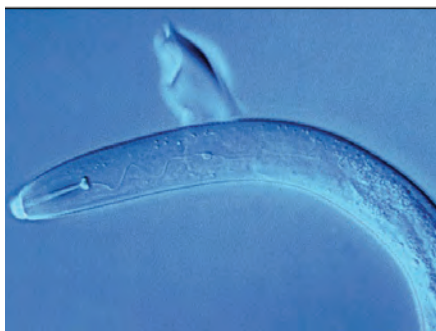


Figura 7.15. Nemátodo de la pudrición seca. (Fuente: www.nematode.net. Foto de Zeldia.cap.ed.ac.uk.



Figura 7.16. Diferentes estadios de desarrollo. Fuente: Photo Gallery - Wisconsin Potato



Figura 7.17. Daño en tubérculos. (Fuente: Enfermedades, plagas y trastornos de la papa. 2009).

Produce manchas blancas, acuosas, poco profundas, en la superficie de tubérculos almacenados, que son visibles al retirar la cáscara. Las zonas infestadas se agrandan, se unen y se hacen visibles en forma de lesiones de color pardo, formadas por tejido granular seco. Cuando avanza la infección, los tejidos se secan y se encogen rompiendo la cáscara. En general, *D. destructor* sólo causa problemas a temperaturas que van de 15 a 20 °C y a una humedad relativa superior al 90%, no sobreviviendo cuando ésta es menor a un 40% o en condiciones de sequía.

7.1.3. Enfermedades producidas por virus

En el cultivo de papa, existen más de 20 virus capaces de afectar los diversos órganos de la planta, causándole distintos tipos de síntomas desde algunos muy suaves, hasta otros muy severos, pudiendo ocasionar la pérdida casi total de la producción. Para este cultivo existen diferentes mecanismos de diseminación de virus, siendo la transmisión por áfidos la más importante. El control de vectores u otras formas de diseminación es la manera más efectiva de reducir las enfermedades causadas por virus a la planta, ya que no es posible controlar el virus.

De los problemas fitosanitarios a considerar en un programa de producción de tubérculos semilla de papa, el control de las enfermedades causadas por virus es una de las más importantes de controlar, debido a su impacto en el proceso de degeneración de semillas de papa. Este tipo de enfermedad produce pérdidas progresivas e irreversibles de los rendimientos del cultivo, y ocurre con la reutilización año tras año de la misma semilla. De esta forma el stock de semillas se vuelve cada vez menos vigoroso, dando origen a plantas que reducen la producción de tubérculos en número y tamaño.

7.1.3.1. Sintomatología de virosis en cultivo de papa

La detección de enfermedades virales en el cultivo de papa es relativa, ya que no todos los virus producen síntomas visuales visibles. Para aquellos virus que producen síntomas algunas de las características más comunes que pueden observarse en campo son:



Figura 7.18. Moteado o mosaico: áreas amarillentas o color verde claro sin límites definidos que se entremezclan con verde de las hojas a formando patrones de mosaico.



Figura 7.19. Amarillento: existe un aclaramiento de las venas secundarias y terciarias de las hojas donde el tejido foliar se aclara formando un fuerte contraste con el color verde de la hoja.



Figura 7.20. Cálico: áreas de color amarillo intenso, generalmente grandes, que contrastan con el verde normal de los folíolos. Este síntoma es causado generalmente por el virus del mosaico de la alfalfa, pudiendo ser fácilmente confundido con daño por herbicida.



Figura 7.21. Mosaico rugoso o encrespamiento de la hoja: sinuosidad del margen de los folíolos de la hoja.

Otros síntomas causados por virosis y observados en cultivo de papa son: arrosetamiento (hojas pequeñas y encrespadas concentradas en ápices terminales de los tallos), enanismo (plantas más pequeñas que las normales y que emergen tardíamente), necrosis (muerte parcial del tejido de hojas, tallos y tubérculos. Existen diversos tipos de necrosis incluyendo: necrosis apical de tallos, necrosis sistémica del follaje, necrosis de las nervaduras de los folíolos y otras). Puede observarse también la caída de hojas, donde ocurre la pérdida parcial o total de hojas necrosadas. Generalmente comienza por las inferiores donde en algunos casos quedan colgando los tallos.

7.1.3.2. Detección de virus en cultivo de papa

7.1.3.3. Uso de plantas indicadoras para detección de virus

La mayoría de los virus que afectan al cultivo de papa tienen también la capacidad de infectar plantas de otros géneros, familias o especies. De esta forma, la capacidad que tiene un virus de infectar algunos, varios o muchos huéspedes se conoce como "rango de hospederos". Algunos huéspedes reaccionan con expresión de síntomas generalizados o locales característicos, por lo que se les emplea como huésped de diagnóstico o planta indicadora del virus.

7.1.3.4. Pruebas serológicas

Los componentes estructurales de los virus, esto es, la proteína y el ácido nucleico han sido usados para desarrollar métodos de detección muy específicos. El más conocido y utilizado en papa es el Test de ELISA (Enzyme-Linked Immunoassorbent Assay).

7.1.3.5. Pruebas moleculares

Estas pruebas basan su metodología en la detección del genoma del patógeno en la planta.

7.1.4. Virus que afectan el cultivo de la papa en el sur de Chile

7.1.4.1 Mosaico Rugoso (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. Estos síntomas 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 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 y en tabaco, se han identificado varias razas de PVY. Así por ejemplo PVYO, 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. PVYC causa estriado puntiforme y PVYN, 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 PVYN:Oy PVYNTN (Acuña y Tejeda, 2015).

En general tanto el PVYO como el PVYC inducen síntomas mucho más severos que el PVYN, el que produce un moteado impreciso en las plantas con infección primaria, al igual que en las plantas provenientes de tubérculos infectados (infección secundaria). Cuando la infección se produce tardíamente, el follaje puede no presentar síntomas, pero los tubérculos de tales plantas pueden llevar consigo la enfermedad.

Los síntomas primarios de PVYO se manifiestan en forma de necrosis, moteado o amarillamiento de los folíolos, decaimiento de las hojas y a veces la muerte prematura de la planta. La necrosis que empieza como manchas o anillos en los folíolos, puede ser la causa del colapso de las hojas, las cuales pueden llegar a desprenderse o permanecer colgantes del tallo.

Las plantas con infección secundaria por PVYo son enanas, de hojas encarrujadas y moteadas pudiendo producirse necrosis en el follaje y en los tallos. La necrosis es generalmente mucho más severa cuando se genera por efecto de una infección primaria que secundaria.

En ciertas variedades el PVYc provoca síntoma de rayado fino en las hojas, las plantas infectadas se quedan enanas muriendo prematuramente. Para este virus existe generalmente una correlación positiva entre los síntomas observados en el follaje y en tubérculos. En el caso del mosaico suave producido por variantes de PVYN no existe presencia de síntomas visuales en los tubérculos.

Para la variante ordinaria PVYO, se observa necrosis en el follaje pudiendo detectarse en algunos casos anillos de color castaño claro en la piel de los tubérculos (Figura 7.22 B).

Epidemiología: La diseminación de PVY depende principalmente de la presencia de áfidos alados (Figura 7.22 A) como *Myzus persicae* o pulgón verde del duraznero, principalmente. Este virus es transportado en el estilete (aparato bucal) del insecto y transmitido en pocos segundos en forma no persistente. Existen por lo menos 25 especies de áfidos que son capaces de transmitir PVY, pero se conoce muy poco acerca de su eficiencia de transmisión 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. Los strains de PVYO y de PVYC pueden ser la causa

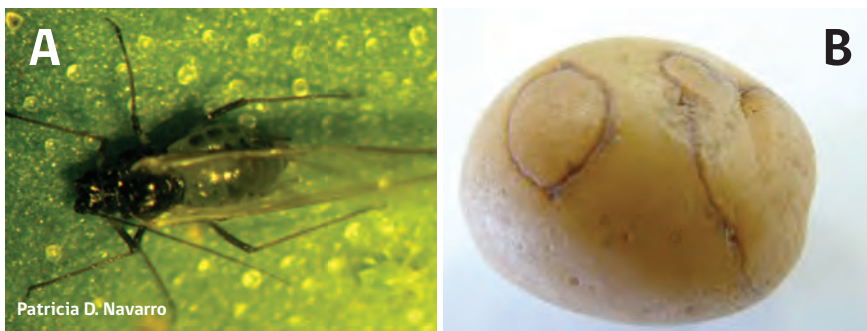


Figura 7.22. A) Áfido alado, B) síntoma de anillo necrótico en el tubérculo causado por PVYO.

de un completo fracaso en el cultivo de papa y cuando estos llegan a combinarse con PVX es generalmente muy destructivo, produciendo la enfermedad conocida como mosaico rugoso (Acuña y Tejada, 2015).

Medidas de prevención para la transmisión de virus

- Uso semilla libre de virus.
- Uso variedades resistentes.
- Realizar las siembras adelantadas y eliminar plantas enfermas.
- Reducir las poblaciones de áfidos presentes en el campo mediante la aplicación de insecticidas sistémicos, anti-feeding 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).
- Control de áfidos con insecticidas sistémicos, anti-feeding y aceites.

Información respecto a GDA está disponible en el portal web www.pulgoninia.cl. Este portal indica los GDA para distintos puntos del sur de Chile, la cual es útil para determinar el vuelo de áfidos de dichos sectores y diseñar una estrategia de cultivo y de control de estos vectores.

7.1.4.2. Enrollamiento (PLRV)

Se encuentra altamente presente en los cultivos de papa del sur de Chile. Es transmitida por áfidos y ha sido el virus mayormente presente en análisis realizados durante las últimas 2 temporadas (2014-15, 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, estos pueden hacerse evidentes al momento de la brotación de un tubérculo infectado. Los folíolos inferiores de esta planta infectada se observan enrollados y las hojas superiores tienen 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.

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.

Medidas de prevención y control

- Selección clonal
- Siembra de tubérculos libres de virus (programa de certificación de semillas)
- Cosecha adelantada
- Descarte de plantas infectadas
- Extracción y destrucción de plantas voluntarias (saneamiento), dentro y en los alrededores del campo de cultivo
- Monitoreo de áfidos mediante el uso de trampas Möericke
- Monitoreo constante del vuelo y aparición y peaks de áfidos
- Control de áfidos con insecticidas sistémicos, anti-feeding y aceites

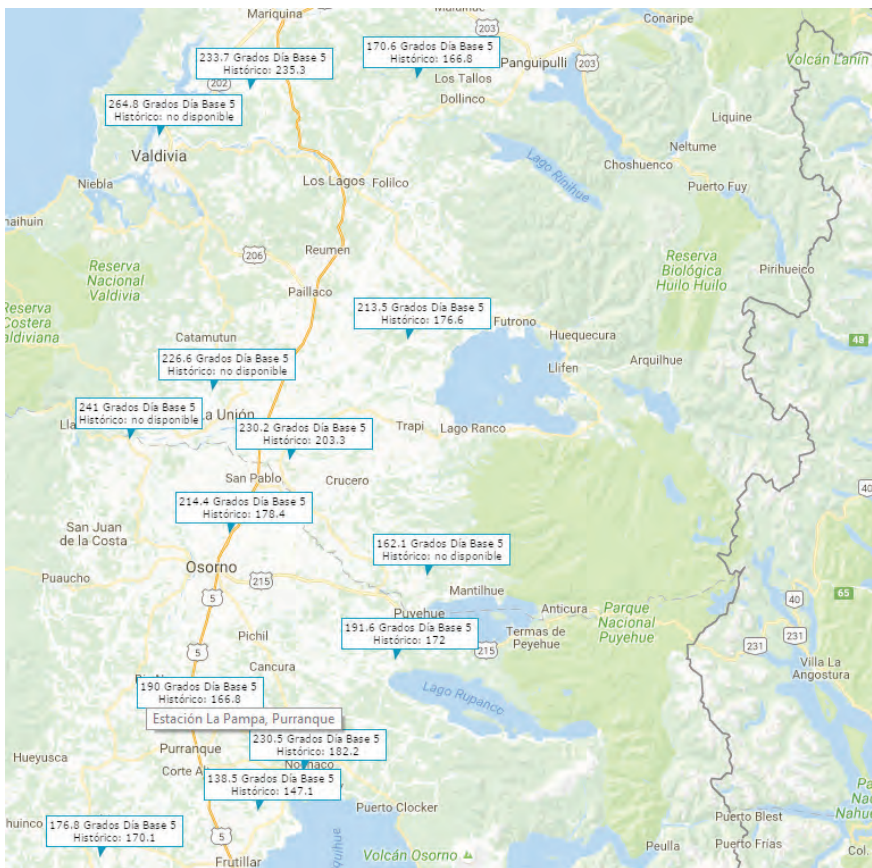


Figura 7.23. Información sobre los GDA obtenida en la página www.pulgonia.cl.

7.1.5. Situación de los virus transmitidos por áfidos vectores en el sur de Chile

Durante los años 2011-2014 se realizó en Chile un proyecto ejecutado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) con sede en su centro regional INIA Remehue, Osorno, y financiado por el FIA (PYT-2011-0065) titulado “Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de la papa en la zona sur”. Este proyecto tenía por objetivo determinar la diversidad genética de los principales virus de papa y el desarrollo y validación de marcadores moleculares para su detección rápida. Esta iniciativa también buscaba desarrollar, validar y calibrar modelos de alerta temprana de vuelo de áfidos basado en estudios epidemiológicos locales. A partir de este proyecto se

confirmó la presencia en el sur de Chile de todas las razas de PVY descritas hasta el momento, predominando las razas PVYTNT. Sin embargo, hasta esa fecha no se detectaron síntomas en tubérculos, lo cual es característico de esas razas. Se detectó también diferentes razas de PVS incluyendo PVSA y PVSO, observándose una mayor prevalencia de las razas PVSO en el total de muestras analizadas. Toda la información mencionada anteriormente refuerza la necesidad de utilización de semilla libre de virus de manera de reducir la presencia de estos agentes virales en el cultivo.

Se presenta a continuación en el cuadro 7.1 el número de muestras positivas a los diferentes virus encontrados en las muestras analizadas durante el desarrollo del proyecto FIA (PYT-2011-0065).

Cuadro 7.1. Incidencia de los virus PVX, PVY, PVS, PLRV Y TSWW en muestras de tubérculos de papa 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	TSWW
Los Lagos	241	149	48	134	61	50	0
Los Ríos	96	78	46	78	20	10	0
Araucanía	99	83	31	75	10	29	0
TOTAL	434	310	125	287	91	89	0
Frecuencia (%)			28,8	66,1	21	20,5	0

(Fuente: Proyecto FIA (PYT-2011-0065).

En la Figura 7.24 se presenta un resumen de las razas de PVY de acuerdo al análisis molecular desarrollado en las muestras analizadas.

El análisis de secuencias realizado arrojó como resultados que todos los aislados chilenos son en un 94-100% idénticos a aislados de otras partes del mundo pertenecientes a la misma raza.

Respecto a los análisis realizados para el virus PVS proveniente de muestras de la zona sur, los resultados indicaron que tanto la raza Andina (PVSA) como la raza ordinaria (PVSO) se encuentran presentes en dicha zona (Informe FIA 2011-0065, 2014).

Respecto de las especies de áfidos identificados desde trampas Mëricke en cultivos de papa de las regiones de La Araucanía y Los Lagos se observó que las especies, mayormente presentes, corresponden a *Myzus persicae*,

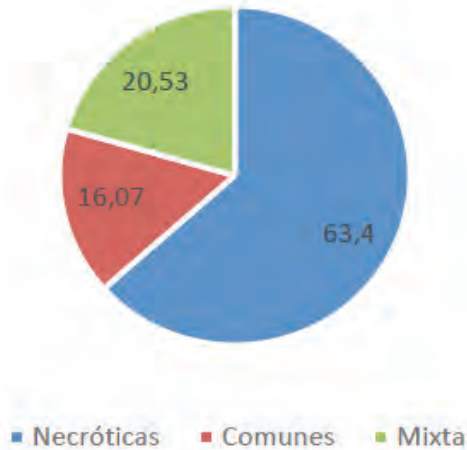


Figura 7.24. Análisis molecular de las razas de PVY en muestras de papas colectadas en la Región de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos. (Fuente: Proyecto FIA (PYT-2011-0065).

Macrosiphum euphorbiae, *Sitobion avenae*, *Aphis* sp., y *Euroleucon* sp., las especies mayormente presentes en las trampas colectadas. De estas especies son *Myzus persicae* (pulgón verde del duraznero) y *Macrosiphon euphorbiae* (pulgón verde) las especies altamente relacionadas a la transmisión de virus en el cultivo de papa.

Es importante también resaltar que trampas ubicadas al interior del cultivo colectaron mayor cantidad de áfidos que aquellas ubicadas en los bordes.



Figura 7.25. Vista general de las especies de áfidos asociados al cultivo de papa en el sur de Chile y que son considerados como los mayores transmisores de virus en este cultivo a nivel mundial.

CAPÍTULO 8

8.1. Principales plagas del follaje de papa: hemípteros, coleópteros, otras

El cultivo de la papa en Chile presenta un número bajo de especies de insectos plaga de importancia económica, siendo los más relevantes aquellos que transmiten virosis -principalmente en las zonas productoras de semilla- como pulgones; y aquellas especies que dañan el follaje y tubérculo, como la polilla de la papa y mosca minadora. Y, además, ataques en forma ocasional de gusanos cortadores, cuncunillas y en el último tiempo el daño de tijereta en el follaje.

Actualmente, el manejo de estas plagas se sustenta principalmente en aplicaciones de insecticidas de amplio espectro, siendo frecuente no estimar las poblaciones de los insectos a través de monitoreo y por ende no optimizar el momento de la aplicación.

Para implementar una estrategia de manejo que logre integrar métodos y tácticas sustentables, es preciso identificar correctamente la especie plaga, determinar a través del monitoreo su presencia y densidad, utilizar criterios de control y de herramientas efectivas para su manejo.

8.1.1. Hemípteros: pulgones y langostinos

Los pulgones (Aphididae) y langostinos (Cicadellidae) agrupan como familias a un gran número de especies, todas succionadoras de savia y de metamorfosis incompleta (huevo, ninfa y adulto). Importante es la capacidad de transmitir virus (pulgones) e inyectar toxinas (langostinos). Los pulgones y langostinos pueden presentar formas aladas y sin alas, estas últimas predominan durante la mayor parte del año y se pueden encontrar varias especies asociadas al cultivo. Los langostinos usualmente se alimentan en el envés de las hojas y succionan la savia y destruyen o reducen la clorofila de las hojas. Los pulgones alados se posan sobre el haz de las hojas al aterrizar y emprender el vuelo, sin embargo las colonias se desarrollan en el envés de las hojas.

8.1.1.1. Pulgones (áfidos)

Los pulgones o áfidos son insectos que por su tamaño y coloración muchas veces pasan desapercibidos, principalmente cuando inician temprano en la temporada la colonización de las plantas. La llegada de los pulgones al cultivo es a través de las formas aladas que migran desde plantas voluntarias de papa

o desde otras especies vegetales donde pasan el invierno. Los pulgones alados vuelan desde una planta a otra, siendo la conducta de vuelo influenciada por diversos factores ambientales, tales como el fotoperiodo, viento y temperatura, los cuales determinan los patrones de dispersión de ellos.

Posterior a la colonización de los pulgones alados (Figura 8.1), se encuentran grandes cantidades de pulgones ápteros (sin alas), succionando savia principalmente desde las hojas y, en menor medida, desde los tallos. Ellos son un ensamble de especies de gran importancia para el cultivo de la papa, ya que son vectores de enfermedades virósas. Se ha determinado que existen sobre diez virus y strains (variantes de ellos) (PLRV, PVY (PVYO, PVYN, PVYC), PVA, PVS, PVM, PAMV (PVF, PVG) y AMV) que afectan a la papa, y que son transmitidos por pulgones.



Figura 8.1. Posición de pulgones en follaje. A. Aterrizaje de pulgón en el haz; B. Localización del alado en el envés y C. Establecimiento de una colonia de ninfas.

Las principales especies determinadas en el sur de Chile, que infestan el cultivo se presentan en el Cuadro 8.1.

Cuadro 8.1. Principales especies colectadas en plantas de papa en tres localidades del sur de Chile.

Nombre Científico	Nombre Común
<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	Pulgón verde del duraznero
<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)	Pulgón de la papa
<i>Aulocorthum solani</i> (Kaltenbach)	Pulgón de las solanáceas
<i>Brachycaudus helichrysi</i> (Kaltenbach)	Pulgón verde del ciruelo
<i>Brevicoryne brassicae</i> (L.)	Pulgón de las crucíferas
<i>Therioaphis trifolii</i> (Monell)	Pulgón manchado del trébol

Ciclos de vida

Los pulgones pueden tener ciclos completos, es decir ciclos con formas sexuales y huevos (holocíclicas), y especies con ciclos que no producen formas sexuales y huevos denominadas anholocíclicas. La hembra que emerge de un huevo invernante en la primavera es la fundadora, siendo normalmente áptera, que por partenogénesis dará origen a hembras aladas o ápteras llamadas fundatrices. Dichas fundatrices, cuando son aladas, son conocidas como migrantes, que se reproducen por partenogénesis desde la primavera al otoño. Con regularidad a la generación alada le siguen varias generaciones ápteras, produciéndose formas aladas en verano como respuesta a las altas densidades/hoja y condición insatisfactoria de la planta. Como respuesta a las longitudes de día corto, se producen sexuparas que dan origen a machos y hembras.

La temperatura es el factor más importante que influye sobre el desarrollo de una generación y en el incremento de las poblaciones. Los pulgones mudan cuatro veces antes de alcanzar el estado adulto y con ello el estado reproductivo.

Descripción de las principales especies

Pulgón verde del duraznero. *Myzus persicae* (Sulzer)

En papa, preferentemente se ubica en las hojas basales. Mide entre 1,5 a 2,5 mm de largo y presenta formas áptera y alada. La forma áptera tiene un cuerpo ovoide, siendo regularmente de color verde claro, y algunas veces puede ser levemente rosado. La forma alada presenta la cabeza y tórax de color pardo y negro. El abdomen puede ser verde, levemente rosado e incluso algo rojo opaco y tiene un parche negro. Distribución: cosmopolita. En Chile se encuentra entre las regiones de Arica a Magallanes e Isla de Pascua. Hospederos: alfalfa, almendro, arveja, berenjena, ciruelo, coliflor, duraznero, espárrago, poroto, lechuga, limonero, maravilla, papa, pepino dulce, pimentón raps, remolacha, repollo, tabaco, tomate, tréboles, zapallo. Es altamente polífago.

Pulgón de la papa. *Macroclypeus euphorbiae* (Thomas)

Esta especie se puede encontrar en los distintos estratos de la planta de papa. Mide entre 2,5 a 4,0 mm de largo y presenta formas aladas y ápteras. El cuerpo es alargado de color verde claro, pudiendo ser amarillas o incluso rosadas. Distribución: cosmopolita; en Chile se lo encuentra entre las regiones de Arica a Magallanes. Hospederos: alcachofa, alcayota, arándano, arveja, berenjena, espárrago, feijoo, frejol, haba, joroba, kiwi, lechuga, limonero, maíz, naranjo, papa, pepino ensalada, pepino dulce, pimentón, pistacho, remolacha, repollo, tomate, trébol, tulipa, zapallo. Es polífago.

Pulgón de las solanáceas. *Aulacorthum solani* (Kaltenbach)

Esta especie se localiza preferentemente en los brotes de la planta. Mide entre 1,8 a 2,9 mm de largo y presenta formas áptera y alada. La forma áptera tiene un cuerpo en forma de pera, siendo de color verde variable, amarillo uniforme o amarillo verdoso, con áreas más oscuras alrededor de los cornículos. La forma alada es bastante distinta en su coloración, la cabeza y tórax son café oscuro y las antenas patas y cornículos más oscuros. Distribución: cosmopolita y en Chile se le encuentra entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos. Hospederos: Alcachofa, alcayota, alfalfa, arveja, frejol, lechuga, naranjo, papa, tomate, trébol blanco y rosado, zapallo. Es polífago.

Pulgón verde del ciruelo. *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach)

En plantas de papa se encuentran preferentemente en las hojas del tercio superior. Mide entre 0,9 a 2,2 mm de largo y presenta formas áptera y alada. De coloración variable. La forma áptera que vive en el ciruelo en primavera es de color verde, castaño verdoso o castaño amarillento y con cierto brillo ceroso. Aquellos ejemplares que viven en plantas herbáceas, en verano presentan una coloración que varía entre verde, amarillo pálido a casi blanco, y a veces ligeramente rosadas y con notorias manchas negras en el tórax y en el primer segmento abdominal. La forma alada es de color verde claro con una mancha negra desde el cuarto al último segmento abdominal. Distribución: cosmopolita y en Chile se le encuentra entre las regiones de Atacama a Los Lagos. Hospederos: ciruelo, *Cineraria* spp., crisantemo, duraznero, poroto, lupino, maravilla, ortiga, papa, pistacho, senecio, tajete, tomate. Es polífago.

Pulgón de las crucíferas. *Brevicorine brassicae* (L.)

En plantas de papa se encuentran eventualmente sobre las hojas del tercio superior, no siendo la papa un hospedero primario. La forma áptera mide entre 1,5 a 2,4 mm de largo y la forma alada mide entre 2,0 a 2,5 mm. Su cuerpo es de forma oval, de color verde pálido y cubierto por una cera polvorienta de color gris blanquecino en la forma áptera. La forma alada, que es la que se encuentra asociada a la papa, no está cubierta por cera polvorienta. La cabeza y el tórax son café oscuro a negro, el abdomen es verde amarillento con dos manchas oscuras en el dorso de los segmentos abdominales anteriores. Distribución: cosmopolita y en Chile se le encuentra entre las regiones de Arica a Magallanes e Isla de Pascua. Hospederos: altamente especialista de plantas de la familia Brassicaceae, aunque se conocen sobre 100 plantas hospederas como: brócoli, coles, coliflor, mostaza, nabos, rábano, raps, remolacha, repollo, repollo de Bruselas.

Pulgón manchado del trébol. *Therioaphis trifolli* (Monell)

En la planta de papa se encuentra eventualmente sobre las hojas del tercio

superior, no siendo la papa un hospedero primario. Mide entre 1,5 a 2,3 mm de largo y presenta formas áptera y alada. La forma áptera es de color amarillo pálido a gris, con 4 a 6 líneas oscuras a lo largo del abdomen, y con pequeños tubérculos con finas cerdas. La forma alada es amarilla con manchas castaño oscuras. Distribución: en Chile se le encuentra entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos. Hospederos: leguminosas en general, alfalfa, lotera, tréboles blanco y rosado.

Biología y desarrollo estacional

En regiones de climas fríos que impiden la reproducción continua de los áfidos en el campo, los pulgones invernan como huevo, producto de la reproducción sexual. Los huevos son depositados en un hospedero "primario", el cual generalmente es leñoso variando según la especie de pulgón. En Chile, en las regiones productoras de papa más frías desde La Araucanía al sur, no se ha determinado la existencia de huevos invernales de las especies de áfidos descritas.

En las áreas de clima templado, los áfidos que atacan papa se reproducen por partenogénesis durante todo el año, alternando entre diferentes hospederos, tanto plantas de cultivos como malezas.

A medida que el hospedero se deteriora, se produce una mayor cantidad de alados emigrantes, los que vuelan a otros hospederos secundarios.

En el verano, la temperatura y el estado nutricional del hospedero definen la ocurrencia o no de generaciones aladas; altas temperaturas inhiben la producción de alados. En otoño, cuando el largo del día disminuye se desencadena la producción de emigrantes.

La temperatura es el principal factor que influye en el desarrollo de una generación y aumento de la población de áfidos.

Daño e importancia económica

Los pulgones pueden dañar directamente a las plantas de papa; pero su importancia es menor ya que difícilmente se alcanza poblaciones altas debido al control químico que se hace de ellos y otras plagas, además del efectivo control natural. Cuando lo anterior no ocurre, ocasionalmente infestaciones severas pueden producir una senectud prematura, debilitamiento y marchitez; y en casos extremos la muerte de plantas. Los daños indirectos por transmisión

de virosis son el principal problema que causan los pulgones, lo que radica en su capacidad de ser vectores de enfermedades virósicas, las que son relevantes para los semilleros de papa. Al menos diez virus que atacan papa son transmitidos por áfidos.

Monitoreo

Las poblaciones de pulgones pueden ser monitoreadas a través trampas amarillas de agua y trampas pegajosas amarillas, que detectan los vuelos de dispersión tempranamente, hasta una semana antes de la detección por inspección y recuentos visuales del follaje.

Examinar 50 hojas compuestas, tomadas de 50 plantas distintas en grupos de 5 hojas recogidas desde 10 hileras totalmente al azar. Se debe contar y registrar el número de alados y ninfas, calculando el promedio de las 50 hojas.

El pulgón del duraznero es más probable encontrarlo en las hojas basales y senescentes; el pulgón de la papa y de las solanáceas se ubica de preferencia en la parte superior de la planta; mientras que el pulgón subterráneo se ubica en las raíces.

El monitoreo debe realizarse semanalmente durante el desarrollo del cultivo. La captura de 10 áfidos / trampa / semana, debería ser una alerta para los agricultores ante la decisión de aplicar un insecticida foliar.

Control

En Chile no existen umbrales establecidos para realizar aplicaciones de control, ya que los pulgones raramente causan daño económico en cultivos comerciales. En caso de producción de semilla es necesario establecer un sistema de control preventivo cada dos o tres semanas.

- **Control Cultural.** Tiene por objetivo disminuir la plaga y por lo tanto la transmisión de las enfermedades virósicas. Las prácticas culturales de mayor importancia son: uso de semilla certificada libre de virus, eliminación de plantas voluntarias o papas “huachas”, control de malezas hospederas, en el cultivo eliminación de plantas infectadas, secar el follaje anticipadamente y cosechar en forma temprana.
- **Control Natural y Biológico.** La tasa de crecimiento de los pulgones puede

ser disminuida en ocasiones dramáticamente por sus enemigos naturales. (Avispitas y Chinitas). Generalmente las poblaciones de pulgones son mantenidas bajas por la acción de insectos “benéficos” u otros organismos que los destruyen o parasitan. Se pueden señalar avispitas, hongos, insectos predadores, mosquitas y chinches.

- **Control Químico.** Es un control rápido y efectivo mediante el uso de productos insecticidas. Sin embargo es importante evitar el uso repetido de insecticidas de amplio espectro, porque no sólo controlan áfidos, sino que también a sus enemigos naturales. De igual forma, al utilizar productos que actúen por contacto es importante usar volúmenes adecuados de agua para asegurar un buen cubrimiento.

8.1.1.2. Langostino de la papa. *Empoasca curveola* (Oman)

Corresponde a un insecto que se distribuye entre las regiones de Atacama y Biobío, encontrándose en cultivos tales como: alcayota, alfalfa, poroto, papa y remolacha.

Los adultos tienen forma de cuña, muy móviles, de color verde tornasol y de aproximadamente 3 mm de largo. El cuerpo es más ancho en la región de la cabeza y se adelgaza hacia el extremo de las alas. Presenta manchas blancas características en la cabeza y en el tórax, Figura 8.2. Los huevos son alargados, cilíndricos y levemente curvados insertados en el tejido vegetal. Las ninfas pasan por cinco estadios con tamaños variables entre 1 y 2,6 mm.



Figura 8.2. Adulto del langostino de la papa. *Empoasca curveola*. Gentileza CIP. Biología y desarrollo estacional.

El adulto, en períodos invernales, se encuentra en restos vegetales o malezas.

A principio de primavera migra a leguminosas (poroto) y luego a papa. En estos cultivos se aparean e inician la ovipostura, durante su vida cada hembra producirá entre 37,7 a 57,4 huevos. La temperatura óptima para la ovipostura es de 25 °C y ésta se detiene bajo 12°C y sobre 32 °C. Las ninfas se desarrollan en períodos entre 12 y 35 días, dependiendo de las temperaturas. El mayor desarrollo se produce a los 28°C. Bajo las condiciones ambientales de la zona central se presentan tres generaciones a partir de octubre. Las mayores poblaciones en papa se producen desde mediados de enero a fines de febrero.

Daño e importancia económica

El langostino de la papa es un insecto chupador el cual extrae savia directamente del sistema vascular de los folíolos, pecíolos y a veces de los tallos. En el proceso de alimentación, el insecto inyecta una toxina presente en su saliva, la que destruye el sistema vascular de la planta, con lo cual se reduce la fotosíntesis y productividad, la planta detiene su crecimiento y puede llegar a morir. El primer síntoma que aparece es una coloración blanquecina de las nervaduras. Estas áreas pierden pronto turgencia, se ponen café y mueren. El enrollamiento de las hojas generalmente acompaña a los síntomas necróticos resultantes del ataque de langostinos. El proceso completo desde que aparecen los primeros síntomas hasta la muerte de las hojas puede tomar sólo 4 a 5 días. El deterioro por alimentación es muy similar a síntomas de enfermedades o desbalance nutricional. El daño es más intenso en períodos de estrés hídrico. El complejo de síntomas causado por langostinos en papa parece una quemadura. Las plantas infectadas pueden reducir su rendimiento hasta en un 80%.

Monitoreo

Para su detección utilizar red entomológica o trampas amarillas con pegamento, en los bordes del cultivo. Por lo general, las ninfas se encuentran en el envés de las hojas de la parte media de la planta y distribuida, agregada en el cultivo. En Chile no se han realizado estudios de nivel de daño económico, pero sería recomendable aplicar algún insecticida cuando se encuentren ninfas en más del 10% de las hojas.

Control

Al igual que para los pulgones, en Chile no existen umbrales establecidos de langostinos para realizar aplicaciones de control, ya que éstos por lo general no causan daño económico en cultivos comerciales.

- **Control genético.** En las plantas de papa los tricomas glandulares son la principal fuente de resistencia, actuando como barrera mecánica y trampa que los inmoviliza en las hojas y también como repelentes para la alimentación y ovipostura. La presencia de glicoalcaloides confiere altos niveles de resistencia a insectos de este tipo.
- **Control cultural.** La rotación de cultivos con plantas no preferidas por el langostino y la eliminación de residuos de cosecha y el riego adecuado, ayudan a reducir las poblaciones de este insecto.
- **Control Natural.** Si bien los enemigos naturales pueden preñar y parasitar a los langostinos, con el fin de disminuir la población, rara vez se obtiene un control natural aceptable. En Chile se ha identificado a la avispa mimárido parasitando huevos.
- **Control Químico.** Las aplicaciones de productos químicos son efectivas y deben realizarse sólo si las poblaciones alcanzan los niveles críticos (presencia de ninfas en más de un 10% de las hojas).

8.1.2. Coleópteros: pilme, gusano alambre y gusanos blancos

Las principales plagas de insectos coleópteros que afectan a la papa pertenecen a las familias Meloidae (pilme), Elateridae (gusanos alambres), Curculionidae (gusano blanco del frejol y gorgojos andinos) y Scarabaeidae (San Juan verde).

Pilme. *Epicauta pilme* (Molina)

Este insecto está ampliamente distribuido en Chile entre las regiones de Arica y Parinacota a Los Lagos. Se encuentra asociado a una gran cantidad de especies cultivadas; siendo muy característico su ataque en plantas de papas en la zona sur, encontrándose también en alcachofa, ají, alfalfa, betarraga, poroto, haba, tomate, trébol blanco y trébol rosado.

Descripción

El adulto mide entre 9 - 14 mm de largo; color negro brillante (élitros blandos, flexibles y brillantes), excepto los fémures de color pardo anaranjado a rojizo. Cabeza y protórax punteados, con escasa pilosidad gris; élitros alcanzan a cubrir el último segmento abdominal; segundo par de alas membranosas negras. Las antenas son largas y filiformes (Figura 8.3).

Biología y desarrollo estacional

En la zona sur los adultos aparecen desde fines de octubre por todo el verano volando hacia los cultivos en pequeños grupos, caracterizándose por la voracidad con que destruyen el follaje, dejando sólo la nervadura principal. Las larvas rara vez son observadas, se alimentan de huevos de langostas y no dañan a las plantas.

La duración del ciclo de vida no ha sido determinada, pero podría tratarse de una especie anual.



Figura 8.3 .Adulto del Pilme de la papa, *Epicauta pilme*.

Daño e importancia económica

El pilme, cuando ataca cultivos comerciales produce defoliaciones agregadas sólo en algunos sectores de la plantación, sin embargo donde se observan las mayores defoliaciones es en las plantaciones (chacras) de los pequeños agricultores, debido principalmente a la agregación del insecto en pequeñas superficies. Dada la enorme capacidad de crecimiento de la planta de papa, las defoliaciones antes de la floración son compensadas por la planta; pero defoliaciones severas durante la floración pueden producir daños considerables.

Métodos de control

- Control Cultural: preparaciones de suelo tempranas, exponiendo los estadios larvales a la acción de los depredadores y a condiciones del medio ambiente (luz, temperatura), especialmente en siembra después de pradera. Siembras

tempranas, julio o agosto, escapan del daño causado por pilmes, pues la infestación no coincide con el momento de mayor susceptibilidad del cultivo.

- Control Químico: no es necesario, a menos que el ataque se produzca en floración con una alta población, situación muy poco probable. Lo ideal es hacer aplicaciones localizadas en los focos de infestación, siendo estos insectos muy sensibles a la mayoría de los insecticidas.

Gusano alambre. *Conoderus rufangulus*; *Cosmesis* sp.; *Grammophorus minor*; *Grammophorus niger*; *Medoniaderomecoides*.

Distribución

Las especies de elatéridos que atacan a la papa en Chile son nativas del país, distribuyéndose entre las regiones de Coquimbo y Aysén. Todas ellas son altamente polífagas, alimentándose de un amplio rango de plantas cultivadas y malezas.

Descripción

Los adultos de *C. rufangulus* son de color negro con fina pubescencia gris, miden de 8 a 12 mm. El protórax es algo más largo que ancho, finamente punteado. Los



Figura 8.4 .Estados de gusanos alambre. A. Adulto; B. Larva; C. Pupa y D Daño en papa.

élitros son del mismo ancho que el protórax. La larva, conocida como gusano alambre, es alargada y cilíndrica de hasta 1,4 cm de largo.

Biología y desarrollo estacional

La biología de estas especies de elatéridos chilenos se desconoce. Habitualmente los adultos son activos en el período primavera - verano y en el otoño e invierno se refugian bajo la corteza o de hojas secas. En primavera las hembras ponen huevos en el suelo, de los cuales emergen las larvas que se alimentan de raíces y dañan a los tubérculos de papa (Artigas, 1994). Los ciclos biológicos pueden ser largos, pero en la mayoría de las especies el ciclo es anual.

En la Región de Los Lagos, el movimiento de las larvas en el perfil del suelo de *Medonia deromecooides*, presenta un movimiento ascendente en los meses de Julio a Septiembre, ubicándose cerca de la superficie o sobre ella. A medida que aumenta la temperatura se entierran a unos 10 cm, donde permanecen hasta Marzo. Luego se inicia un movimiento ascendente hasta la superficie del suelo alcanzando los 3 y 4 cm, profundidad donde también se localiza el estado de pupa. Durante la primavera y verano se observa el estado de adulto en vuelo y en otoño e invierno se encuentran bajo el suelo, cortezas de árboles y restos vegetales.

Daño e importancia económica

Los daños causados en la planta por el gusano alambre pueden presentarse en los tubérculos semilla recién plantados, los cuales son destruidos por las larvas; en raíces y raicillas de las plantas y en tubérculos ubicados bajo el suelo, en los que se produce una red de galerías que afecta su valor comercial. En otros casos afectan el vigor de las plantas al dañar los tejidos conductores.

El factor más importante asociado con el ataque de gusanos alambre en papas es la rotación cultural. Los ataques son mayores cuando se cultiva papa después de hospederos favorables como las praderas. En el sur de Chile se han encontrado mayores poblaciones en suelos con praderas naturalizadas que en suelos sometidos a cultivos o en barbecho.

El momento de siembra de papas es un factor importante en el ataque; las plantaciones tempranas son más atacadas que las tardías. En suelos secos existe mayor ataque, pues cuando el suelo se seca los gusanos alambres buscan la humedad de las plantas de papa, aumentando de esta manera el daño.

Monitoreo

Instalar cebos vegetales bajo el suelo (15 a 30 cm), (trozos de zanahoria, papa o también granos en mezcla maíz / trigo), envueltos en una malla que permita la

entrada de los insectos. Seis a 12 cebos/5 ha. Si se encuentra más de dos cebos con gusanos alambre se debe tomar medidas de manejo.

Métodos de control

- Control Cultural: cultivos escardados, en vez de pradera, o barbechos de verano previos al cultivo de papa tienden a reducir las poblaciones.
- Preparaciones de suelo a fines de primavera llevan a las pupas a la superficie, donde quedan expuestas a la deshidratación y al ataque de predadores (aves, carábidos). Una cosecha temprana en verano, antes del movimiento ascendente de las larvas, reduce los daños. La inundación del terreno favorece la acción de hongos entomopatógenos.
- Control Químico: debe implementarse antes de la plantación, incorporando los productos con el último rastraje o bien a la siembra.

Gusano blanco del frejol. *Naupactus leucoloma* (Boheman)

Distribución.

Su origen es el cono sur de Sudamérica. En Chile se encuentra entre las regiones de Arica y Parinacota a Los Lagos e Isla de Pascua. Es muy polífago, alimentándose de más de 200 especies de plantas. Entre sus principales hospederos se encuentran: alfalfa, arándano, avena, frejol, frutilla, lenteja, limonero, papa, remolacha. Trébol blanco, trébol rosado, trigo, etcétera.

Descripción

Los adultos miden de 1 a 1,5 cm, son de color gris con finos pelos blancos y de ojos elípticos. El protórax es más ancho que largo. A lo largo del pronoto presenta dos líneas gruesas, paralelas de escamas blancas. La larva, de color blanco cremoso, sin patas, mide de 1 a 1,5 cm de largo. La cabeza es castaño claro y retraída en el cuerpo. Las mandíbulas son negras, proyectadas hacia adelante, Figura 8.5. Los huevos son de color blanco y forma ovalada.



Figura 8.5. *Naupactus leucoloma*. A. Adulto; B. Larva y C. Daño en tubérculo de papa.

Biología

Las hembras depositan huevos en grupos de 20 a 60 directamente en el suelo o en troncos, donde los adhieren con un pegamento. Se estima que tiene un ciclo de uno a dos años. Las hembras adultas viven varios meses colocando alrededor de mil huevos. En la zona centro sur los adultos emergen entre noviembre y febrero, pero esporádicamente se les puede encontrar todo el año.

Daño e importancia económica

Se han observado ataques con daños por larvas de hasta un 50% de los tubérculos, en sectores costeros de la Región de La Araucanía (Toltén), afectando la comercialización de las papas. Estos niveles de ataques se presentan cuando la plantación se ha establecido sobre praderas naturales degradadas y/o donde ha existido alfalfa como cultivo anterior y en estas condiciones se ha realizado una escasa e inoportuna preparación de suelo.

Manejo

Si el suelo presenta alta infestación de larvas se debe realizar una rotación diferente, estableciendo gramíneas (avena/ballicas) y luego papa. Las densidades también se pueden disminuir, haciendo preparaciones de suelo óptimas en labores y época y de esta forma exponer las larvas a los predadores (pájaros). El uso de insecticidas debe ser justificado y estar registrados para el cultivo.

Gusano blanco del San Juan o pololo verde. *Hylamorpha elegans* (Burm)

El pololo verde es un habitante del suelo que se encuentra como gusano blanco cuando se establece el cultivo de la papa. Normalmente asociado a la pradera o cultivo previo. Existen varias especies pero la más común es *H. elegans* y escasamente se encuentra *Brachysternus* spp., estos gusanos blancos corresponden al estado larvario de coleópteros de la familia Scarabaeidae, cuyo hábito es alimentarse de raíces, raicillas, materia orgánica y eventualmente de tubérculos.

Distribución

El pololo verde se distribuye entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos y se le puede encontrar asociado a las raíces de muchas especies de plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas tales como: arándano, frambuesa, avena, ballica, cebada, centeno, trébol rosado, trigo, papa, robles, coihues, avellano europeo, malezas y plantas ornamentales.

Descripción

Los adultos miden entre 1 y 1,8 cm. Presentan la cabeza y pronoto verde intenso,

finamente punteado. Los élitros son del mismo color del pronoto o ligeramente más claro, con puntos ordenados en hileras longitudinales y con pequeños pelos blancos cortos y gruesos. La parte ventral de los machos con abundantes pelos blancos y las hembras amarillo-dorado. Posterior al apareamiento, las hembras ponen sus huevos bajo el suelo en forma individual y en cantidades que pueden variar entre 60 y 80 huevos, de las cuales eclosionarán larvas típicas, son las llamadas gusanos blancos que usualmente se curvan formando una "C". La mayor parte del cuerpo consta de un abdomen blanco translúcido, con un extremo gris opaco. La cabeza es rojiza y las patas prominentes, de color café. Las larvas pasan por tres estadios que sólo se diferencian por su tamaño. Al completar su crecimiento las larvas pueden alcanzar 2,7 cm y posteriormente transformarse en pupas, Figura 8.6.



Figura 8.6. *Hylamorpha elegans*. A. Adulto; B. Larva y C. Pupa.

Biología y desarrollo estacional

Esta especie presenta una generación al año. Su período de vuelo ocurre desde octubre a febrero con un alza significativa durante la segunda quincena de diciembre, alimentándose del follaje de la vegetación natural. El estado de larva se puede encontrar bajo el suelo desde enero a octubre.

Daño e importancia económica

En el cultivo de papa, los gusanos blancos se alimentan de los tubérculos, dejando orificios de tamaño regular, profundos y curvos; abarcando partes de la superficie de la papa. En localidades de la Región de La Araucanía se han registrado ataques del pololo verde, donde se ha determinado hasta un 30% de los tubérculos afectados, debiendo ser eliminados durante la selección para su comercialización. En cultivos de pequeños agricultores y establecidos después de praderas degradadas los daños son mayores.

Control

En el cultivo de la papa en una muy baja frecuencia se requiere implementar medidas de control de la plaga, principalmente cuando se ha tenido la

precaución de realizar una buena rotación, preparación de suelo oportuna y labores adecuadas.

- **Control Cultural.** Si el cultivo se establece sobre pradera degradada donde se detecta una alta infestación de larvas, se debería anticipar la preparación de suelo, para exponer las larvas a las aves predadoras (tiuques, bandurrias, gaviotas, treiles, etc.). Otras medidas culturales complementarias son la rotación de cultivos y fecha de plantación.
- **Control Biológico.** El INIA ha seleccionado y produce una cepa de hongo entomopatógeno para el pololo verde *H. elegans*.
- **Control Natural.** En el suelo se encuentra una gran cantidad de agentes de control natural tales como: predadores (carábidos, asílidos, elatéridos), parasitoides (tachinidos) y antagonistas como hongos entomopatógenos (*Beauveria* y *Metarhizium*), bacterias, nemátodos y protozoos que regulan las poblaciones.

8.1.3. Otras plagas

Hay algunas plagas que ocasionalmente, o en zonas particulares, se alimentan en plantas de papa, tales como los langostinos, ácaros, trips, sílidos y algunos coleópteros. De igual forma, en algunas condiciones de suelos de vega, se reportan daños causados por camarones a los tubérculos. Generalmente no revisten impacto económico en el cultivo.

Ácaros

Los ácaros causan daño al succionar el contenido de las células de las hojas. El síntoma inicial consiste en un punteado de las hojas, que luego se tornan amarillas. A fines de verano la plaga puede alcanzar altas poblaciones, produciendo defoliación parcial o total de las plantas afectadas.



Figura 8.7. Adulto de ácaro.

Trips

En el caso de los trips, no se ha determinado el daño, pero el trips de la flor podría ser problema, puesto que es vector del virus de la marchitez manchada del tomate, el cual también ataca a la papa.



Figura 8.8. Adulto de *Trips tabaci*. (Fuente: www.ecured.cu).

Sílicos

Los sílicos son pequeños insectos de 2 mm de largo, con una forma similar a una chicharrita. Originan daño directo al succionar savia, e indirecto asociado a la transmisión de enfermedades, al inyectar saliva contaminada. Al igual que los áfidos y langostinos.



Figura 8.9. Sílico de la papa.

Nemátodos

Son organismos muy pequeños (miden como promedio 1 mm) que viven en el suelo y que solamente se pueden detectar mediante un análisis de suelo y luego de su observación bajo el microscopio, para determinar el género y/o especie. Los síntomas generales que presentan las plantas atacadas por nematodos en el follaje son: poco desarrollo y vigor, marchitamiento general, amarillez y enrollamiento de las hojas, entre otras; muchas veces similares o iguales a los producidos por otras enfermedades, falta de riego o deficiencias nutricionales. En los tubérculos se presentan protuberancias en la corteza y piel.



Figura 8.10. Tubérculo dañado por nemátodos.

Camarones

El camarón de vega del centro de Chile (*Parastacus pugnax*) y el de vega del sur de Chile (*Parastacus nicoleti*) son crustáceos nativos que se encuentran en los terrenos semipantanosos en todas las cuencas fluviales y lacustres entre el río Aconcagua (Región de Valparaíso) y la península de Taitao (Región de Aysén). Este invertebrado construye galerías subterráneas en los terrenos pantanosos o de vegas. Si bien el cultivo de papas se realiza en muchos sectores de vega, se reportan daños ocasionados en forma frecuente en el sector de Vegas de Itata, Región del Biobío; y, en menor intensidad, en algunos sectores de vegas de la comuna de Saavedra en La Araucanía. El daño corresponde a un raspado que erosiona al tubérculo, afectando su presentación. No se conocen antecedentes sobre el grado de daño ocasionado a los cultivos, o si es frecuente en otros suelos de vega donde se establece papa, informándose por lo general como una curiosidad.



Figura 8.11. Entrada a cueva de camarón. Adulto de camarón. Daño en tubérculo causado por camarón. (Fuente: www.especieschilenas.blogspot.com)

CAPÍTULO 9

9.1. Cosecha

La cosecha es una de las labores más costosas que requiere mayor número de personas y mejor organización que cualquier otra labor en el cultivo de papa. Corresponde al fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado.

Esta labor se efectúa cuando el cultivo alcanza su madurez fisiológica, caracterizada porque las plantas se ponen amarillentas y flácidas, los tallos se abren apoyándose sobre el suelo y los tubérculos se desprenden con facilidad de sus estolones. La cosecha corresponde a la separación de los tubérculos de la planta madre y contempla: remover el suelo; recolectar los tubérculos; separar los tubérculos del suelo, terrones y restos de plantas; transportar hasta el lugar de clasificación y empaque o almacenamiento.

La incorporación de medios mecánicos a las faenas y labores de cosecha de papa permite disminuir los costos, mejorar la calidad y la eficiencia de esta labor. Bajo nuestras condiciones productivas, es recomendable el empleo de mecanización apropiada, es decir, adecuada a la situación económica y social particular de la región, manteniendo un adecuado equilibrio entre medios mecánicos complejos, en paralelo con medios simples adaptados a explotaciones agrícolas de pequeño y mediano tamaño. Independientemente del sistema de cosecha que se utilice, para que ésta sea exitosa se requiere:

- a) Cosechar en el momento adecuado.
- b) Sacar las papas del campo lo más rápido posible.
- c) Evitar daño físico del producto.
- d) Cosechar a un costo mínimo.

9.2. Factores que influyen en la cosecha

9.2.1. Elección y preparación de suelo

En la elección de suelos, la preparación de éste y en la siembra, debemos tener en cuenta el sistema de cosecha, sea manual, semi-mecanizada o mecanizada. Para sistemas de cosecha semi - mecanizada (máquina arrancadora, recoger y ensacar a mano) y sistemas de cosecha manuales (arrancar, recoger y envasar a mano), la textura del suelo, el grado de mullimiento y la profundidad de siembra influyen poco en la rapidez y calidad de la cosecha.

En cambio, para la cosecha mecanizada resulta muy determinante la preparación efectuada, así como las características del suelo. Aunque la mayoría de las máquinas modernas cuentan con dispositivos para separar de las papas el material contaminante como: suelo, champas, terrones, piedras, papas podridas y otros, éstos influyen enormemente en la rapidez y calidad de la cosecha. Si optamos por este sistema, la máquina debe ser capaz de tamizar el suelo suelto y limpiar el producto a cosechar de terrones, piedras y champas. A mayor profundidad de siembra, más suelo deberá ingresar a la máquina, mayor material a limpiar y por lo tanto, existe un riesgo de dañar el producto.

Para una buena cosecha mecanizada se debe:

- Evitar sembrar en suelos con mal drenaje.
- Evitar sembrar en suelos con piedras.
- Lograr un buen mullimiento del suelo: 10 a 12 centímetros, libre de champas y terrones.
- En suelos pesados (arcillosos o limosos) debemos evitar la compactación y la formación de terrones, por lo cual se debe sembrar y aporcar bajo condiciones friables (baja humedad).
- Sembrar menos profundo cuando la textura del suelo es pesada (suelos arcillosos y limosos).

9.2.2. Resistencia de la papa a daños (golpes) y al almacenamiento

Aspectos que influyen fundamentalmente en la resistencia al golpe durante la cosecha y en la resistencia al almacenamiento son: textura y drenaje del suelo, fertilización del cultivo y variedad.

- Tipos de suelo. En suelos bien drenados con una mayor densidad aparente y una mayor proporción de microporos en relación a macroporos, la extracción de agua es más gradual y al mismo tiempo la entrega de humedad es más pareja en el tiempo, condiciones bajo las cuales se forma un tubérculo con una mayor proporción de pared celular, lo cual mejora su resistencia al golpe y al almacenamiento. Esto se expresa en una menor susceptibilidad del tubérculo a enfermedades fungosas tales como *Phoma*, *Fusarium* y pudriciones causadas por *Erwinia* spp.
- Fertilización. La fertilización influye igualmente de forma muy notoria en la sensibilidad al golpe y en la resistencia al almacenamiento. Los nutrientes de mayor influencia son:
 - a) Potasio (K): mayores dosis de potasio reducen la sensibilidad al golpe.

- b) Nitrógeno (N): bajas dosis de nitrógeno aumentan la sensibilidad al golpe; altas dosis de nitrógeno reducen la resistencia al almacenamiento, ya que aumentan la sensibilidad para enfermedades fungosas y bacterianas.
 - c) Calcio (Ca): el calcio juega un rol fundamental en la formación de la pared celular. Una buena disponibilidad en el suelo contribuye a un tubérculo con mayor resistencia al almacenamiento, porque se reduce la sensibilidad a enfermedades fungosas y bacterianas. Existe además una relación entre calcio y los efectos del etileno.
 - d) Cloro (Cl): pequeñas dosis de cloro disminuyen la sensibilidad al golpe.
 - e) Sodio (Na): En suelos salinos, con altos contenidos de Na, el tubérculo es muy sensible al golpe.
- Diferencias varietales. Algunas variedades presentan una buena resistencia al golpe por menor porcentaje de materia seca y por una mayor firmeza de pared celular. El largo del período de latencia influye fuertemente en la resistencia al almacenamiento. Las variedades de latencia corta presentan una menor resistencia al almacenamiento puesto que:
 - Envejecen fisiológicamente con mayor rapidez, por lo cual la sensibilidad a *Fusarium* y *Phoma* crece.
 - Presentan mayor deshidratación causada por brotación.

9.2.3. Sanidad

La sanidad influye fuertemente en las pérdidas de tubérculos durante el almacenamiento, por lo cual, durante la cosecha se debe evitar que tubérculos afectados por enfermedades lleguen al almacenaje. Las enfermedades de mayor importancia a detectar en los tubérculos son:

- Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)
- Gotera (*Pythium* spp.)
- Pudrición rosada (*Phytophthora erythroseptica*)
- Pie negro (*Erwinia* spp.)
- Sarna plateada (*Helminthosporium solani*)
- Sarna común (*Streptomyces* spp.)
- Sarna o costra negra (*Rhizoctonia solani*)
- Enfermedades fungosas secundarias como *Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cilindrocarpon destructans* y otras.

A su vez, las enfermedades producen pérdidas de peso y de calidad del tubérculo durante el almacenaje por las siguientes causales:

- Pudriciones húmedas (Tizón tardío, Gotera, Pudrición rosada y Pie negro)
- Pudriciones secas (*Fusarium* spp., *Phoma* spp., *Cilindrocarpon destructans*, *Polyscytalum pustulans*)
- Deshidratación incrementada (Sarna común, Sarna plateada)
- Decoloración de la piel (Sarna plateada)

9.3. Destrucción de follaje

La destrucción de follaje es un manejo o labor que tiene por finalidad interrumpir el crecimiento de los tubérculos, evitar la diseminación de tizón en éstos y evitar la contaminación del cultivo con virosis, producto del vuelo tardío de pulgones infectivos. Normalmente se usa en producción de semilla para controlar la madurez de los tubérculos y concentrar la producción de papa en los calibres de semilla. De igual modo, se puede usar este manejo en papa para consumo, con el objeto de evitar la incidencia de malezas, facilitar la cosecha, sin correr el riesgo de incidencia de tizón tardío.

9.3.1. Métodos de destrucción de follaje • Aplicación de desecante

Es el método más utilizado. Se pueden usar los siguientes desecantes:

- a) Diquat. El producto comercial es Diquat o Reglone. Es 100% de contacto, no se trasloca y no daña los tubérculos, a menos que entren en contacto directo con éste. La desventaja es que debe aplicarse con un alto volumen de agua, (entre 400 y 800 litros por hectárea) dependiendo de la cantidad y vigor del follaje.
- b) Paraquat: El producto comercial puede ser: Paraquat, Paramak, Paramat o como Gramoxone. Este producto, bajo ciertas condiciones de humedad (tanto en suelo como en el aire), y con un follaje vigoroso, puede traslocarse. Las condiciones que predisponen la traslocación en la planta para que llegue el producto a los tubérculos son los días de alta nubosidad, favoreciendo eso sí una mayor susceptibilidad a enfermedades como son *Fusarium*, *Cilindrocarpon* y *Phoma*. Paraquat requiere menores cantidades de agua para su aplicación; dependiendo de la cantidad y el vigor del follaje, se usan entre 300 a 500 litros por hectárea.

- c) Mezclas de Diquat y Paraquat. El producto comercial es Farmon. No causa problemas de traslocación y por lo general, para lograr un buen efecto se requiere más agua que cuando se usa solamente Paraquat.

Al aplicar desecantes, el crecimiento de los tubérculos se mantiene por 2 ó 3 días, dependiendo del vigor del follaje y condiciones climáticas. Cuando llueve inmediatamente después de la aplicación, ésta se debe repetir.

- Cortar follaje y aplicar desecante. Este método consiste en cortar el follaje del cultivo con chopper, rana o desbrozadora lo más corto posible y en seguida proceder a aplicar Diquat, Farmon o Paraquat en 200 a 300 litros de agua. La ventaja de este sistema es que se detiene inmediatamente el crecimiento de los tubérculos.



Figura 9.1. Cultivo de papa con madurez natural. Las plantas toman una coloración amarilla, los tallos se abren y se apoyan sobre el suelo.



Figura 9.2. Potrero tratado con desecante.



Figura 9.3. Cultivo de papa para semilla tratado con desecante. Las plantas se secan antes de terminar su ciclo, por lo cual los tallos permanecen erguidos.



Figura 9.4. Cultivo de papa tratado con desecante y con follaje cortado.

- Cortar raíces. Se elimina primero el follaje (lo más corto posible) y enseguida se cortan las raíces con cuchillos que pasan por debajo de las papas. Este es un método promisorio y utilizado actualmente en la agricultura orgánica.

9.4. Cosecha de papa para consumo

Se inicia una vez que las plantas se han secado en forma natural y la piel se encuentra completamente firme. Esto es particularmente importante en papas que se guardarán por un período prolongado. En el caso de papa para temprano, la cosecha se efectúa cuando la mayoría de los tubérculos alcanzan un tamaño comercial y el precio pagado por el saco compensa el menor rendimiento. Sin embargo, si el precio es bajo, los tubérculos pueden no ser cosechados y se dejan crecer a la espera de un mejor precio o hasta completar su desarrollo. En la situación de papa para la industria, se trata de alargar al máximo el ciclo del cultivo, atrasando la cosecha con el objeto de maximizar el rendimiento, la calidad, el peso específico y el contenido de azúcares.

Atrasar la cosecha en forma desmedida puede significar un aumento de enfermedades a la piel y/o daño por perforaciones del tubérculo, causado por gusanos del suelo.

Puesto que durante la cosecha se produce la mayoría de los daños que recibe el tubérculo, debe evitarse el picotazo, heridas por corte, golpes excesivos por descuido de los cosechadores o cavadores, mala regulación de la arrancadora o de la cosechadora.

9.5. Cosecha de papa para semilla

La cosecha de papa semilla se inicia cuando la piel está firme, para evitar su desprendimiento y riesgo de ingreso de enfermedades. Esto se realiza 3 a 4 semanas posterior a la aplicación del desecante.

Cuando se cosecha en condiciones de clima frío, donde aumenta el problema de costra negra, se debe iniciar la cosecha con la piel medianamente firme, a pesar que se corre el riesgo de desprendimiento de la piel del tubérculo y aumento en la deshidratación en el almacenamiento. Sin embargo, este manejo puede reducir problemas de presencia de sarna y de esclerocios de costra negra sobre la piel del tubérculo en suelos sensibles, aumentando el porcentaje de papas aptas para semilla.

9.6. Tipos de cosecha

9.6.1. Manual

Este es el sistema predominante para cosechar las papas en nuestro país, particularmente en el ámbito de la agricultura familiar, que reúne al mayor número de productores.

Por el alto uso de mano de obra, es un sistema caro ya que obliga a la contratación de muchas personas para efectuarla; sin embargo, a nivel de los agricultores familiares puede ser barata, ya que usa la mano de obra familiar, sin tener que contratarla. La principal ventaja que presenta, se basa en la capacidad del ser humano de manipular el producto cosechado con mayor suavidad, garantizando una mayor calidad y menor daño. Otro aspecto favorable de este sistema es que no requiere una inversión inicial considerable. Presenta como inconveniente la necesidad de contar con personal con algún grado de entrenamiento, requiere mayor supervisión y realizar acuerdos contractuales con los "cosechadores".

La cosecha debe realizarse en días de buen clima. De este modo los tubérculos permanecen al aire y en el terreno el tiempo suficiente para disminuir la humedad superficial, facilitar el secado y eliminar el suelo adherido. La recolección debe hacerse, en lo posible en canastos de reja gruesa para evitar acumulación de suelo, jabas o cajas, con el fin de evitar exceso de golpes o daños.

Además, en esta operación deben ir apartándose todos los tubérculos partidos, picados o lesionados por la acción de los implementos de cosecha y aquellos que presentan síntomas de ataques de insectos o enfermedades.



9.6.2. Semi- mecanizada

Consiste en arrancar las plantas en forma mecanizada, para recoger y ensacar a mano en campo, o ensacar sobre la máquina. Para ello se puede usar un arado arrancador; una arrancadora de una o dos hileras, que destapan, levantan y dejan sobre el suelo los tubérculos; o una arrancadora que destapa, levanta y sube

los tubérculos a la máquina para separarlos de los terrones y restos vegetales y para ensacarlos sobre la máquina. Este es el sistema más adecuado de cosecha, puesto que utiliza un medio mecánico simple (arrancadora), que destapa los tubérculos y que combinado con la recolección manual de éstos, permite la realización de una preselección antes de llegar a bodega.



Figura 9.5. Arrancadoras de papa de dos hileras.



Figura 9.6. Arado partidor de melgas para destapar las papas y recogerlas a mano. La Serena, Región de Coquimbo.



Figura 9.7. Arrancadora de dos hileras, destapando papas. Teodoro Schmidt, Región de La Araucanía.



Figura 9.8. Arrancadora y ensacadora de papa, de una hilera. Vilcún, Región de La Araucanía.

La principal ventaja de este sistema es la disminución del uso de mano de obra, la rapidez en la cosecha y la disminución de las pérdidas por tubérculos partidos o dañados.

Si ocurre un ataque de tizón tardío al tubérculo, en algunas ocasiones es mejor dejarlo en el suelo, para que se pudra visiblemente y así eliminarlos durante la cosecha. Cuando el problema es de *Erwinia* spp (Pie negro) y *Phoma* es recomendable la cosecha bajo condiciones asoleadas.

Arrancar los tubérculos y dejarlos al menos una hora expuestos al sol, permite que la luz ultravioleta (UV) actúe como bactericida y fungicida, lográndose una reducción de enfermedades en el producto almacenado.

9.6.3 Mecanizada

Este sistema es adecuado para plantaciones comerciales de mayor superficie, que permiten financiar cosechadoras de alto rendimiento y costo. La principal desventaja de este sistema es la gran inversión, el costo de mantenimiento y bajo uso del equipo durante gran parte del año. En las condiciones de nuestra zona, la decisión de adquirir maquinaria especializada debe considerar aspectos tales como: superficie a cosechar, condiciones topográficas, tipo de suelo y aspectos logísticos.



Figura 9.9. Cosechadora de arrastre de una hilera con bunker acumulador de 5,5 t. Alemania.



Figura 9.10. Arrancadora de dos hileras con descarga lateral. Purranque, Región de los Lagos.



Figura 9.11. Automotriz de dos hileras con bunker acumulador de 11 m³. Holanda.



Figura 9.12. Automotriz de cuatro hileras con bunker acumulador de 8 t. Holanda.

Mecanizar completamente la cosecha requiere en forma previa haber adaptado todo el sistema de producción, empezando por mecanizar la siembra, realizar nivelación del terreno, y hacer uso de variedades que se adapten a una alta manipulación. Por otra parte, se requiere haber adaptado las labores de transporte, clasificación, limpieza y empaque, para el manejo de grandes volúmenes de cosecha.

9.7. Consideraciones para la cosecha

Condiciones de clima y suelo (temperatura, humedad, lluvia, otros) al momento de la cosecha:

- a) Se debe evitar cosechar con lluvia.
- b) Una humedad relativa muy baja en algunas variedades ocasiona la llamada impresión de uña, que es una pequeña trizadura en la piel de la papa, como si una uña humana se hubiese introducido.
- c) La sensibilidad al daño y al golpe aumenta seriamente con temperaturas de suelo por debajo de los 8 °C. En términos generales conviene cosechar con temperaturas superiores a 10 °C.
- d) En suelos sensibles a la formación de terrones muy duros y angulosos, no conviene cosechar bajo condiciones muy secas. Se recomienda regar con anterioridad al inicio de la cosecha, para reducir el número de terrones y evitar que estos dañen a las papas.

- e) No debe cosecharse con suelo demasiado húmedo, dado que la cosechadora no es capaz de separar el suelo de los tubérculos.

9.8. Transporte desde el campo a la bodega

Al igual que en la cosecha de la papa, el transporte desde el campo a las instalaciones donde se va a procesar o guardar el producto puede provocar daños al tubérculo, lo que posteriormente se traduce en problemas de pudriciones de papa en el almacenaje.

Los sacos se colocan en filas en el campo y se recogen en forma selectiva de acuerdo a si ésta estará destinada a consumo o semilla. De esta forma, la recolección y transporte se hace separadamente, dándose prioridad a la papa de mayor valor comercial y dejando para el final los sacos que contienen los calibres pequeños o la papa desecho.

Cuando el producto es papa nueva, éstas se cargan y se despachan desde el potrero a los lugares de comercialización.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, I. 2001. Curso de Capacitación Reconocimiento y Control de las Principales Enfermedades y Plagas Incidentes en la Producción de Papa en la Zona Sur de Chile. INIA Remehue.
- Acuña, I. 2003. Manejo integrado de enfermedades de la papa y tratamiento de la semilla. Seminario Avances de investigación en el cultivo de la papa en el sur de Chile. INIA Remehue.
- Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejeda, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>
- Acuña, I.; Torres, H. 2000. El tizón tardío de la papa. Informativo N°22. INIA-Remehue. 4p.
- Acuña, I.; Gutiérrez, M. 2004. Cómo reconocer los tizones de la papa. Informativo N°47. INIA-Remehue. 4p.
- Acuña, I. 2008. Manejo integrado del tizón tardío y estrategias de control químico. Informativo N°62. INIA-Remehue. 4 p.
- Acuña, Ivette. 2010. Manejo integrado del tizón tardío de la papa. Informativo N°79. INIA-Remehue. 4 p.
- Acuña, I.; Cadiz, F. 2011. Principales enfermedades de la papa en el almacenamiento y su manejo. Informativo N°83. INIA-Remehue. 4p.
- Acuña, I.; Cadiz, F. 2011. Reconocimiento y manejo del tizón temprano de la papa. Informativo N°82. INIA-Remehue. 4p.
- Acuña, I. 2012. Manejo integrado del tizón tardío de la papa. Informativo N° 79 INIA Remehue (Actualizado). 4 p.
- Acuña, I. 2014. Desarrollo de una estrategia de alerta sanitaria virus-vector para el cultivo de papa en la zona sur. Informe Técnico final Proyecto FIA PYT-2011-0065.
- Andrade, Orlando. 2005. El carbón de la papa; avances en la etiología y control de la enfermedad. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca. 200p. Colección libros INIA N° 13.

- Apablaza, G.. 2000. Patología de cultivos epidemiología y control holístico. Ediciones Universidad Católica de Chile. 347 pp.
- Artigas, J. 1994. Entomología Económica. Ediciones Universidad de Concepción. Concepción. Chile Tomo 2: 496 - 499.
- Bravo, R. y Acuña, I. 2012. ¿Cómo utilizar el sistema de alerta de Tizón tardío?. Informativo N° 100. INIA-Remehue. 4p.
- Cisternas, E.; Rojas, E.; Villagra, M y Andrade, J. 2015. Principales pulgones asociados al cultivo de la papa en el sur de Chile. Informativo INIA Remehue. N°144. 4p.
- 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.
- Contreras, A., 1997. Producción de papa semilla agricultores del sur de Chile. Universidad Austral de Chile.
- Cortbaoui, R., 1984. Siembra de Papa. Boletín de Información Técnica N° 11. Centro Internacional de la Papa.
- Durán, L. 1986. El "pilme" o "padrecito", *Epicauta pilme* (Mol.) (Coleoptera: Meloidae), observaciones sobre su metamorfosis. Rev. Chilena de Entomología. 13: 7 -11.
- Espinoza N. 1996. Malezas Presentes en Chile. INIA.
- Fernández, E. 2003. Fungicidas: Historia, presente y futuro de los fungicidas utilizados para el control de Tizón.
- Haverkort, A. 1986. Manejo del agua en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 15. Centro Internacional de la Papa. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur.
- Hirzel, J. 2011. Fertilización de cultivos en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Colección de libros INIA - 28. Chillan, Chile. 432 p.
- Hooker, W.J. 1980. Compendio de enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). 166 p.

- Jerez, J., Sandoval, J. Peralta, I. Gallardo, R. Ferreira, E. Varas. 1994. Manual de Riego para el Sur de Chile. Serie Carillanca N° 39 Temuco Chile.
- Larraín, P.; Kalazich, J.; Carrillo, R. y Cisternas, E. 2003. Plagas de la papa y su manejo. Colección Libros INIA N°9. 110p.
- Larraín, P., J. Kalazich B., R. Carillo LL., E. Cisterna A. 2003. Plagas de la papa y su manejo. 172 p. Colección libros INIA N° 9. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena Chile.
- Latorre, B. 1992. Enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Universidad Católica de Chile 628 pp.
- López H.; J. Kalazich B.; P. Sepúlveda R. y M. Gutiérrez M. 2002. Cultivo de papas para primores. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, revista Tierra Adentro N° 45. P. 22 a 25.
- López, R. 2014. Conceptos fundamentales para un manejo adecuado del agua de riego en papa: interacción suelo-planta-clima. Revista Papa. ACHIPA, octubre de 2014. p.30-33. Manejo de malezas para países en desarrollo: Capítulo 1. "El control de malezas en el contexto del manejo integrado de plagas" y Capítulo 15 "Manejo de Malezas en Raíces y Tubérculos". Documento FAO. Protección de cultivos 1996. Manuales para educación agropecuaria, Editorial Trillas, México.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura. San José Costa Rica. 706.
- Navarro, P. 2016. Monitoreo de áfidos en el sur de Chile. Presentación resultados reunión anual de cultivos. Chillán, Chile.
- Pino, M.T. 2016. Estrés hídrico y térmico en papas, avances y protocolos. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 331. 148p.
- Pontificia Universidad Católica de Chile. 1984. Fertilización del cultivo de la papa. Servicio de análisis de suelo y foliar, Facultad de Agronomía. Boletín N° 3. Santiago, Chile.
- Prado, E. 1991. Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín Técnico N° 160. 207 p.

- Ríos, L. 2014. Caracterización de la producción de papa en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos. In. Revista Papa, ACHIPA. P. 12-14.
- Rodríguez, J. 1993 Manual de fertilización. Facultad de Agronomía, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 362 p.
- Rojas, J., Acuña, I. y Orena, S. 2007. Medidas para prevenir efectos del tizón tardío de la papa durante la cosecha y el almacenamiento. Informativo N°53. INIA-Remehue. 4 p.
- Rojas, J.S.; P. Accatino; J.C. Kalazich 1994. Metodología para Mejorar la Producción y Uso de Tubérculos Semilla de Papa en Chile. Curso Taller. INIA Remehue.
- Rojas. J., 2003. Antecedentes sobre densidades de plantación y uso de tubérculos semilla partidos en el cultivo de papa. Seminario "Avances de investigación en el cultivo de papa en el sur de Chile. INIA Remehue.
- Santos Rojas, J., S. Orenas A. 20. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina (A.F.C.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 147. 172p.
- Santos Rojas, J., S. Orenas A. 2006. Manual de producción de papa para la agricultura familiar campesina (A.F.C.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 147. 172p.
- Sarasola, A. y Rocca, M. 1975 . Fitopatología Curso Moderno Tomo III. Editorial Hemisferio Sur.
- Sierra, C., Santos, J Kalazich. 2002. Manual de fertilización del cultivo de la papa en la zona sur de Chile. Boletín INIA N° 76.
- Sierra B. C., J. Santos Rojas, A. France I., J. Kalazich B., y C. Contreras S. 2013. El Cultivo de la papa en la región de Coquimbo. Manejo del suelo, fertilización y algunos otros factores de manejo agronómico. 134 p. Boletín INIA N° 266. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Intihuasi, La Serena Chile.
- Tingey, W. and Laubengayer, J. 1986. Glandular trichomes of a resistant hybrid of potato alter feeding behavior of the potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae). J.Econ. Entomol. 79:1230-1234.

Trujillo, D. 1971. Correlación entre la actividad (periodo e intensidad de vuelo) de algunas especies de áfidos y la dispersión del "virus Y de la papa" (*Solanum tuberosum* L.). Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Austral de Chile. 63 p.

Vander Zaag P. 1986. Necesidades de fertilidad de suelos para la producción de papa. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Centro Internacional de la Papa.

Varas, E. 2003. Riego en Papas: uno de los factores importantes para lograr rendimientos. INIA Informativo 5. 2 p.

Villalobos, O. y Carmona, W. 1990. Pulgón de la raíz en papas. Revista Agro export. 13: 38-39.

www.cybertesis.uach.cl. 2007. Capacidad de *Ditylenchus dipsasi* y *Ditylenchus destructor* para infestar y desarrollarse en seis especies vegetales. Tesis de Mauricio Llancaivil U.

www.cosave.org. Método analítico para diagnóstico fitosanitario.

www.fitopatologiachile.cl. Determinación del nemátodo de la pudrición de la papa *Ditylenchus destructor* en Chile, sintomatología y caracterización taxonómica.

www.fao.org. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas.



Boletín INIA / N° 10
www.inia.cl

