

Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura

Manual de Papa para La Araucanía: Manejo y Plantación

Autor: Juan Inostroza Fariña





Manual de Papa para la Araucanía: Manejo y Plantación

Autor: Juan Inostroza Fariña

Instituto de Investigación Agropecuarias, Ministerio de Agricultura
Centro Regional Carillanca
Temuco, Chile
Noviembre 2009

**Director Regional INIA Carillanca**

Dr. Fernando Ortega Klose

Autor:

Juan Inostroza Fariña, Ingeniero Agrónomo

Editores Técnicos:

Nelba Gaete C., Ingeniero Agrónomo

Patricio Méndez L., Ingeniero Agrónomo

Comité Editor:

Juan Inostroza F. Ing. Agrónomo

Nelba Gaete C., Ing. Agrónomo

Patricio Méndez L., Ing. Agrónomo

Adolfo Montenegro ., Ing. Agrónomo M.Sc

Lorena Sotomayor T., Técnico en Administración Agrícola

Lilian Avendaño F., Periodista, Licenciada en Comunicación Social.

BOLETIN INIA N° 193.

ISSN: 0717-4829

Inostroza, J. Manual de Papas en La Araucanía: Manejo y Plantación. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional Carillanca, Km. 10 camino Cajón-Vilcun, comuna de Vilcun (56-45) 215706.

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin permiso del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ministerio de Agricultura.

Diseño y Diagramación General: Ramón Navarrete Díaz (rendcl@yahoo.com)

Impresión: Imprenta Fénix

Cantidad Ejemplares: 300





Indice

Prólogo	5
I. BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA	7
Juan Inostroza F., Patricio Méndez L., Lorena Sotomayor T. INIA Carillanca	
II. CALIDAD DE PAPA SEMILLA, ESTADOS FISIOLÓGICOS DEL TUBÉRCULO Y TÉCNICA DE PREBROTADO	15
Patricio Méndez L., Juan Inostroza F. INIA Carillanca	
III. PREPARACIÓN DE SUELO	29
Juan Inostroza F., Patricio Méndez L. INIA Carillanca	
IV. FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE LA PAPA	59
Juan Inostroza F. INIA Carillanca	
V. PLANTACIÓN DE PAPA Y EFECTO DE TALLOS EN LA PRODUCCIÓN	77
Patricio Méndez L. INIA Carillanca	
VI. PULVERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE PESTICIDAS	85
Juan Inostroza F., Patricio Méndez L. INIA Carillanca	
VII MANEJO POST PLANTACIÓN	103
Juan Inostroza F.;Patricio Méndez L. INIA Carillanca	







Prólogo

La Región de la Araucanía presenta la mayor superficie bajo cultivo de papa del país, concentrando la producción en el sector costero de Cautín en las comunas de Carahue, Saavedra, Toltén y Teodoro Schmidt, denominado territorio Araucanía Costera; donde su cultivo es considerado estratégico por el alto impacto social y representar el más importante aporte al ingreso familiar. De acuerdo a información del Censo Agropecuario 2007, de los 13 cultivos tradicionales la papa representa el 7,6% de la superficie y el 21,2% de la producción total de la región; indicadores que muestran un mejoramiento del cultivo en los últimos 20 años.

En la región 13 mil 599 agricultores producen papa, con un rendimiento promedio de 151 qqm/ha, estimándose que en el territorio Araucanía Costera los agricultores alcanzan 250 qqm/há. La producción se concentra en agricultores de tipo familiar y en agricultores de subsistencia.

En la Araucanía se ha tratado de orientar y estimular el desarrollo del cultivo mediante recomendaciones emanadas de diferentes actividades de planificación estratégica, realizada con una amplia participación de profesionales y agricultores relacionados al rubro. Sin embargo, las propuestas entregadas sólo se han abordado en parte y no con la celeridad que se esperaba, en un rubro que tiene una gran implicancia social para esta región. Los avances logrados han sido posibles gracias al eficiente uso de los escasos recursos generados con el esfuerzo regional y local.

El «**Plan de Gestión Estratégica para el rubro papa en la Región**» (1998), recomendó «introducir e incorporar tecnología en la producción del cultivo de papas y fomentar la producción y uso de semilla de calidad en la Región, entre otros; como una forma de fortalecer y potenciar el cultivo de papa, de tal forma de mejorar la productividad, competitividad y la eficiencia en la gestión de los productores. Como respuesta, la primera acción emprendida fue mejorar la calidad de semilla, para lo cual el año 2000 se construyó con fondos del Gobierno Regional, el **Centro Regional de la Papa de Tranapuate en Carahue**. El objetivo de este Centro era producir los materiales generadores para originar semilla de alta calidad y traspasarla a los productores, y en forma paralela capacitar a los equipos técnicos locales que asesorarían la producción; y a los productores, que en definitiva recibirían la semilla y la multiplicarían. Posteriormente el año 2002 se constituye el Convenio Tranapuate, para la administración del Centro Regional de la Papa, participando los municipios de Carahue, Saavedra, Teodoro Schmidt y Toltén, INDAP Región de La Araucanía e INIA Carillanca, permitiendo mediante un trabajo coordinado, certificar semilla en etapa básica y producir semilla corriente controlada de calidad. Si bien mediante el Convenio se abordó la formación de los equipos técnicos, aún faltaba financiamiento para abordar la capacitación de los agricultores.





Conscientes que en el ámbito de la Agricultura Familiar Campesina la producción de papa era muy tradicional y con una escasa introducción de tecnología, el año 2003 la «**Estrategia Regional para el Rubro Papa**» recomienda explícitamente capacitar agricultores, profesionales y técnicos en producción de semilla.

Si bien el Convenio Tranapunte presentó diversas iniciativas que abordaban la capacitación de productores de papa, a diferentes fuentes de financiamiento, no fue hasta el año 2007, cuando unidos al trabajo de gestión territorial liderado por SERCOTEC y otros organismos públicos y actores privados del territorio, se gestiona el financiamiento a través del Gobierno Regional de un programa para capacitar a los equipos técnicos y para agricultores campesinos del Territorio Araucanía Costera.

De esta forma, el proyecto: ***Capacitación Innovativa Para Aumentar los Niveles Productivos en el Cultivo de Papa en el Sector de la Araucanía Costera de la IX Región***, presentado por el Servicio de Cooperación Técnica (SERCOTEC), ejecutado por INIA Carillanca y financiado por el Gobierno Regional de la Araucanía, viene a satisfacer una aspiración largamente sentida en el ámbito de este cultivo. El proyecto permitió en un plazo de 2 años, capacitar a agricultores y formar monitores en producción de papa, en el principal territorio productor del país.

El presente Boletín Técnico recopila en parte los contenidos entregados en el curso de capacitación para los equipos técnicos del Convenio Tranapunte, el Curso de Formación de Monitores y de los Talleres de Capacitación en producción de papa a los agricultores del Territorio Araucanía Costera; sirviendo además de complemento y reforzamiento de los contenidos, a quienes se capacitaron en el ámbito del proyecto realizado. De igual forma, esperamos que este material pueda servir de apoyo técnico a estudiantes, agricultores, profesionales, técnicos y agricultores que se dedican o se iniciarán en el cultivo de papa; contribuyendo de esta forma al mejoramiento técnico del rubro en la región.

El equipo técnico editor agradece a los profesionales, técnicos, agricultores e instituciones que colaboraron en la edición de este Boletín.

Juan Inostroza F.

Especialista en papa INIA Carillanca

Temuco, Noviembre de 2009





I. BOTÁNICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA

Juan Inostroza F., Patricio Méndez L., Lorena Sotomayor T.
INIA Carillanca

1.1 BOTÁNICA SISTEMÁTICA Y MORFOLOGÍA DE LA PAPA.

Botánica sistemática es la identificación organizada, clasificación y denominación de las plantas de acuerdo con un sistema de reglas. Todas las plantas incluidas en un grupo, comparten un número de atributos (caracteres) similares, tales como forma y estructuras.

Morfología es el estudio de la forma y la estructura de las plantas.

Basándose en los caracteres florales, la papa ha sido clasificada de acuerdo al siguiente sistema:

Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Sección	<i>Petota</i>

Dentro de la sección *Petota*, solamente la *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* es cultivada en todo el mundo. Las demás están restringidas a los países andinos donde se encuentran millares de cultivares primitivos.

Entre las especies silvestres y cultivadas y dentro de cada una de ellas se encuentran marcadas diferencias morfológicas, las cuales son afectadas por los factores ambientales como: temperatura, duración del día, humedad, fertilidad del suelo, en las áreas en que estas se encuentran.

1.1.1 Hábito de crecimiento

La papa es una planta herbácea. Su hábito de crecimiento varía entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas las hojas (o casi todas) se encuentran cerca de la base o en la base de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrosetado o semiarrosetado.

Entre las demás especies se pueden encontrar lo siguientes hábitos de crecimiento:

- * Rastrero (Tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo).
- * Decumbente (Tallos que se arrastran pero que levantan el ápice).
- * Semierecto y erecto.

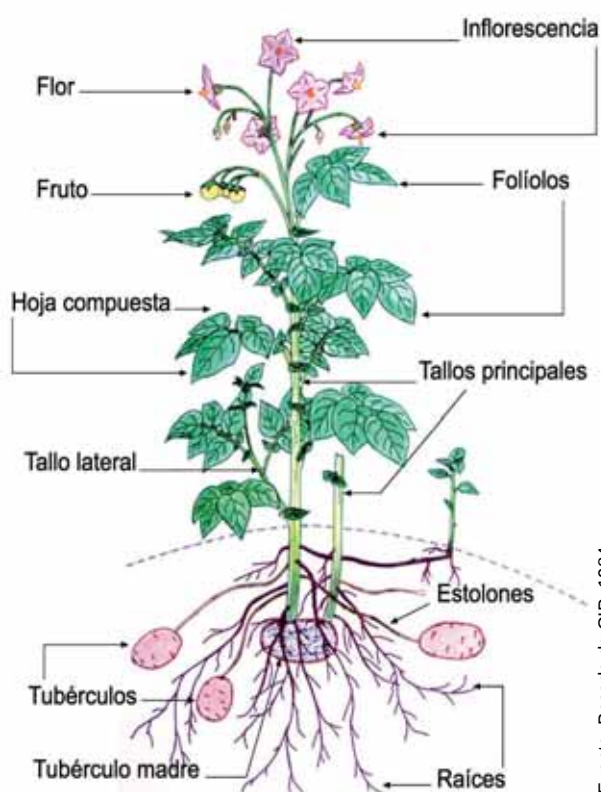


Fuente: INIA Carillanca





Las hojas aisladas, tallos y otras partes de la planta pueden formar raíces, especialmente cuando han sido sometidos a tratamientos con hormonas. Esta habilidad de las diferentes partes de la planta de papa para formar raíces es aprovechada en las técnicas de multiplicación rápida.



Fuente: Basado de CIP 1984



Raíces adventicias

Fuente: INIA Carillanca

1.1.2 Raíces

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, primero forman raíces adventicias en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones.

En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil, por lo cual necesita un suelo de muy buenas condiciones físicas y químicas para su desarrollo. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.



Raíces sobre los nudos

Fuente: INIA Carillanca



Sistema radicular completamente desarrollado.

Fuente: INIA Carillanca





1.1.3 Tallos

El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos. Las plantas provenientes de semilla verdadera tienen sólo un tallo, principal mientras que las provenientes de tubérculos-semilla pueden producir varios tallos. Los tallos laterales son ramas de los tallos principales.

En el corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en los márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas. El tallo generalmente es de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado. Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula.

Las yemas que se forman en el tallo a la altura de las axilas de las hojas pueden desarrollarse para llegar a formar tallos laterales, estolones, inflorescencias y, a veces, tubérculos aéreos.

1.1.4 Estolones

Morfológicamente descritos, los estolones de la papa son tallos laterales que crecen horizontalmente por debajo del suelo a partir de yemas de la parte subterránea de los tallos. Los estolones largos son comunes en las papas silvestres y el mejoramiento de la papa tiene como una de las metas obtener estolones cortos.

Los estolones pueden formar tubérculos mediante un agrandamiento de su extremo terminal. Sin embargo, no todos los estolones llegan a formar tubérculos. Un estolón no cubierto con suelo, puede desarrollarse en un tallo vertical con follaje normal.



Fuente: INIA Carillanca



Fuente: INIA Carillanca

Desarrollo Estolones

1.1.5 Tubérculos

Los tubérculos de papa son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón, que se llama talón, y el extremo expuesto, que se llama extremo apical o distal.

Los ojos se distribuyen sobre la superficie del tubérculo siguiendo una espiral, se concentran hacia el extremo apical y están ubicados en las axilas de hojas escamosas llamadas «cejas». Dependiendo de la variedad, las cejas pueden ser elevadas, superficiales o profundas. Cada ojo contiene varias yemas.





Los ojos del tubérculo de papa corresponden a los nudos de los tallos; las cejas representan las hojas, y las yemas del ojo representan las yemas axilares. Las yemas de los ojos pueden llegar a desarrollarse para formar un nuevo sistema de tallos principales, tallos laterales y estolones. Generalmente, cuando el tubérculo ha madurado, las yemas de los ojos están en un estado de reposo y, por ello, no pueden desarrollarse. Al cabo de cierto tiempo, dependiendo de la variedad, las yemas del ojo apical son las primeras en salir del reposo. Esta característica se llama dominancia apical. Más tarde, las yemas de los otros ojos se desarrollan para convertirse en brotes.

En la mayoría de las variedades comerciales la forma del tubérculo varía entre redonda, ovalada y oblonga. Además de estas formas, algunos cultivares primitivos producen tubérculos de diversas formas irregulares.

En un corte longitudinal el tubérculo muestra los elementos siguientes desde el exterior hacia el interior: peridermo o piel, corteza, sistema vascular, parénquima de reserva y tejido medular o médula.

El peridermo o la piel es una delgada capa protectora en el exterior del tubérculo. Su color puede variar entre blanco crema, amarillo, naranja, rojo o morado. Algunos tubérculos tienen dos colores. Cuando se exponen a la luz por unos días, se tornan normalmente de color verdoso. La piel es generalmente suave y en algunas variedades es tosca o áspera y sale fácilmente al frotarla cuando el tubérculo no ha madurado. Por eso, el daño de la piel es frecuente cuando se cosechan tubérculos antes de su madurez.

En la superficie de la piel se encuentran distribuidas las lenticelas (poros respiratorios) por las cuales se efectúa el intercambio de gases entre el tubérculo y el ambiente. En condiciones húmedas, las lenticelas aumentan de tamaño y se ven como puntos blancos prominentes.

La corteza está inmediatamente debajo de la piel. Es una banda delgada de tejido de reserva que contiene principalmente proteínas y almidones.

El sistema vascular conecta los ojos del tubérculo entre sí y al tubérculo con otras partes de la planta. Dentro del anillo vascular se encuentra el parénquima de reserva, que es el tejido principal de almacenamiento y ocupa la mayor parte del tubérculo. La médula constituye la parte central del tubérculo.

Todos los elementos de la corteza a la médula, constituyen la carne del tubérculo, la cual en las variedades comerciales es normalmente de color blanco, crema o amarillo pálido. Sin embargo, algunos cultivares primitivos también producen tubérculos cuya carne es color amarillo oscuro, rojo, morado o bicolor.

Fuente: INIA Carillanca





Fuente: INIA Carillanca



Fuente: INIA Carillanca



1.1.6 Brotes

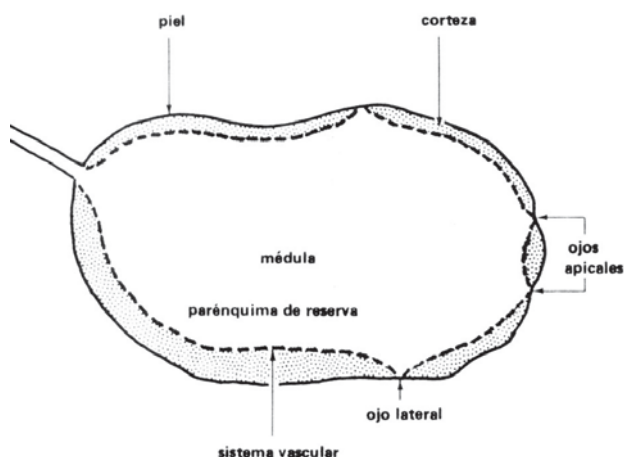
Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo y el color es una característica varietal importante. Los brotes pueden ser blancos, parcialmente coloreados en la base o el ápice, o casi totalmente coloreados. Los brotes blancos, cuando se exponen indirectamente a la luz, se tornan verdes.

El extremo basal del brote forma normalmente la parte subterránea del tallo y se caracteriza por la presencia de lenticelas. Después de la siembra, esta parte rápidamente produce raíces y luego estolones o tallos laterales. El extremo apical del brote da origen a las hojas y representa la parte del tallo donde tiene lugar el crecimiento del mismo.

1.1.7 Hojas

Las hojas están distribuidas en espiral sobre el tallo. Normalmente, las hojas son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos. Cada raquis puede llevar varios pares de folíolos laterales primarios y un folíolo terminal. La parte del raquis debajo del par inferior de folíolos primarios se llama pecíolo. Cada folíolo puede estar unido al raquis por un pequeño peciólulo, o puede estar unido directamente, sin peciólulo, y en este caso se llama folíolo sésil.

La secuencia regular de estos folíolos primarios puede estar interceptada por la presencia de folíolos secundarios pequeños. En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas pseudoestípulas. Desde el punto de inserción del pecíolo pueden extenderse hacia abajo, las alas o costillas del tallo.



Fuente: SIP

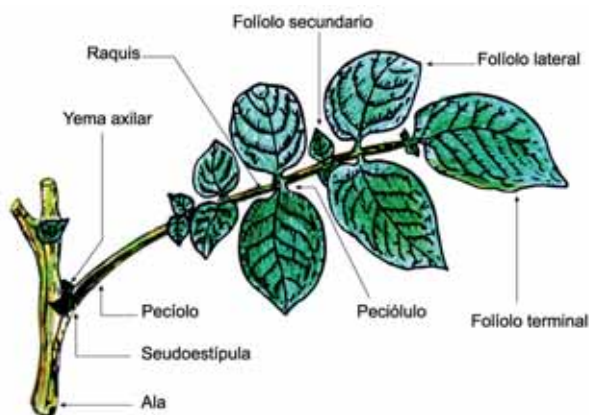




Fuente: INIA Carillanca



Fuente: INIA Carillanca



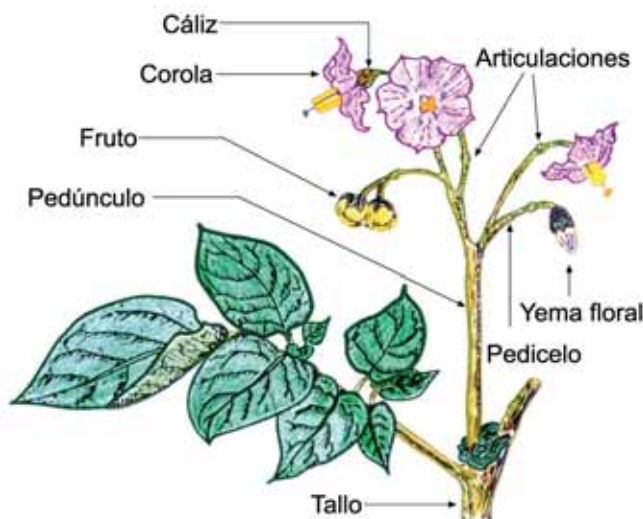
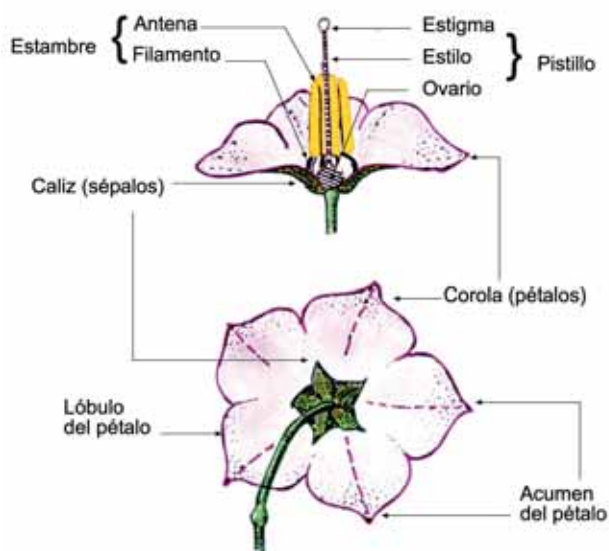
Fuente: Basado de CIP 1984

1.1.8 Inflorescencia, flor

El pedúnculo de la inflorescencia esta dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de las inflorescencias salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los calices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprenden del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas.

Las flores de la papa son bisexuales (tienen ambos sexos), y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo.



Fuente: Basado de CIP 1984





1.1.9 Fruto, semilla

Al ser fertilizado, el ovario se desarrolla para convertirse en un fruto llamado baya, que contiene numerosas semillas. El fruto generalmente es esférico, pero en algunas variedades son ovoides o cónicos. Normalmente, el fruto es de color verde, y en algunas variedades cultivadas tienen puntos blancos o pigmentados, o franjas o áreas pigmentadas.

El número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son planas, ovaladas y pequeñas (1.000-1.500 semillas/gramo). Cada semilla está envuelta en una capa llamada testa que protege al embrión y un tejido nutritivo de reserva llamado endosperma. Las semillas son también conocidas como semilla verdadera o botánicas, para distinguirlas de los tubérculos-semillas, usados para la producción.

Fuente: www.redpapa.org



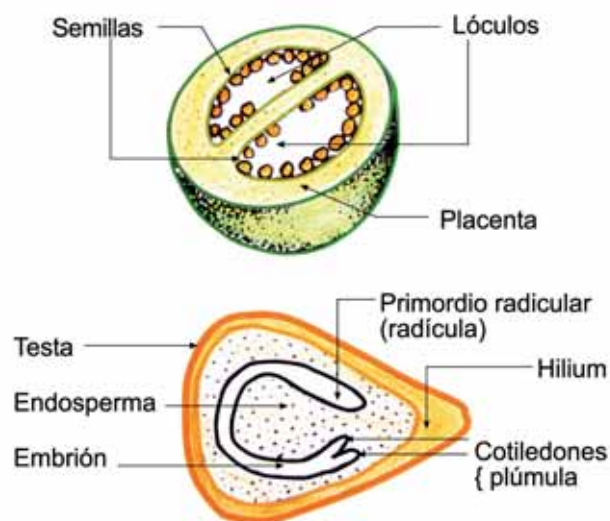
Baya Globosa (el tomatillo)

Fuente: INIA Carillanca



Semilla Botánica

Fuente: Basado de CIP 1984



BIBLIOGRAFÍA

Centro Internacional de la Papa (CIP). 1984. Boletines de Información Técnica. Departamento de Capacitación y comunicaciones del CIP. 415 p.

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







II. CALIDAD DE PAPA SEMILLA, ESTADOS FISIOLÓGICOS DEL TUBÉRCULO Y TÉCNICA DE PREBROTADO

Patricio Méndez L., Juan Inostroza F.
INIA Carillanca

En el cultivo de papa, la disponibilidad de «tubérculos semilla» de **calidad**, es muy importante, ya que de esto depende la expresión de variados factores que, en óptimas condiciones de manejo, permiten al cultivo expresar su potencial productivo y las características propias de la variedad. Estos aspectos cada día adquieren más importancia dentro del contexto productivo comercial, en el cual se inserta el rubro a nivel local y nacional.

2.1 IMPORTANCIA DE LA SEMILLA DE CALIDAD EN UN CULTIVO

La calidad de la semilla juega un rol primordial dentro del contexto productivo de un cultivo, es así como se puede establecer una estrecha relación entre calidad de semilla y aspectos tales como:

- **Potencial de Rendimiento.** Un tubérculo «papa semilla» de calidad permite expresar un alto rendimiento, cuando todos los demás factores productivos se cumplen.
- **Producción Sana.** Al utilizar semilla de calidad la producción será fitosanitariamente óptima, es decir, se encontrará libre, o con un bajo porcentaje de enfermedades que dañen su presentación comercial.
- **Producir especies genéticamente y fenotípicamente iguales.** Al usar tubérculos «papa semilla» de calidad se asegura producir una especie que tiene cier-

tas características, genéticas y fenotípicas, que la hacen atractivamente comercial.

- **Mejor Rentabilidad del Cultivo.** La producción de papa con semilla de calidad permite generar un producto de calidad, proporciona un valor agregado al cultivo, mejorando los precios de venta final, traduciéndose en una mejor rentabilidad.

2.2 CRITERIOS QUE DEFINEN CALIDAD EN UN TUBÉRCULO PAPA SEMILLA

La calidad de la semilla se define en base a tres criterios: **Identidad y pureza varietal**; **Estado fitosanitario**; y **Edad fisiológica**.

2.2.1 Pureza Varietal



Fuente: INIA Carillanca

Flor de la variedad Karu – INIA





La pureza varietal en producción de semilla es una de las primeras exigencias que debe aprobar un material al momento de su ingreso a un proceso de certificación de semillas. Las variedades, tienen diversas características de uso y diferencias en cuanto a su comportamiento productivo, lo cual obliga a establecer altos estándares de manejo de semilla, que permitan su persistencia en el tiempo, con las características propias de la variedad.

El estado fenológico del cultivo que permite apreciar más claramente la pureza varietal de una semilla tiene relación con el estado de floración, pues entre variedades existen diferencias notables en cuanto a tipo de flor y su coloración, lo cual es fácilmente observable en una inspección ocular. También se pueden observar diferencias en cuanto a la arquitectura de la planta, tamaño y color de follaje.

2.2.2 Estado Fitosanitario

El estado fitosanitario de un tubérculo papa semilla es altamente incidente en cuanto a la calidad y productividad del cultivo de papa. Este aspecto se encuentra determinado por la carga de enfermedades que pueda presentar. Un tubérculo papa semilla puede ser portador de diversos agentes patógenos, los cuales pueden ocasionar serios problemas fitopatológicos a nivel de cultivo.

Dentro de las enfermedades que puede portar un tubérculo semilla se encuentran aquellas producidas por Hongos, Bacterias y Virus.

En las enfermedades causadas por hongos de ocurrencia habitual en la Araucanía destacan ***Rizoctonia solani*** (costra negra), ***Helminthosporium solani*** (sarna plateada) y ***Fusarium sp*** (pudrición seca).

En las enfermedades causadas por bacterias, las más importantes a nivel regional son ***Streptomyces scabies*** (sarna común) y ***Erwinia sp*** (pudrición blanda).

En el grupo de enfermedades causadas por virus existen varios que afectan a la papa, considerándose grave la contaminación de un material usado como semilla, ya que las



Fuente: INIA Carillanca

Flor de la variedad Yagana

La pureza varietal se define como un estándar de calidad, que asegura que todos los individuos (tubérculos semilla de papa) serán iguales producto de un proceso de multiplicación clonal o vegetativa. Mediante la medición de este parámetro se puede acreditar que los tubérculos semilla de papa que se plantan, presentarán las características fenológicas similares en cuanto a morfología y estructura de la planta, y además presentarán las características propias del tubérculo, que lo hacen deseable para un determinado objetivo productivo.





enfermedades virales no tienen un control químico, y se transmiten de padres a hijos, afectando severamente el rendimiento en las generaciones sucesivas. Ejemplo de estas enfermedades a nivel local son: enrollamiento de la hoja (**PLRV**), mosaico severo (**PVY**), mosaico rugoso (**PVX**). Para evitar y reducir al mínimo el ataque de este tipo de enfermedades, cobra gran importancia el uso de semilla legal, ya que es la única forma de acreditar el estado fitosanitario de la semilla.



Fuente: INIA Carillanca

Virus AMV
(Cálico, mosaico)

2.2.3 Edad Fisiológica

El tubérculo papa semilla, tiene un desarrollo fisiológico que involucra cuatro etapas que consideran: dormancia o reposo, dominancia apical, brotación múltiple y senectud.

En lo que respecta al momento ideal de plantación, éste se produce en el período de inicio de brotación múltiple, ya que en este momento el tubérculo semilla de papa al ser plantado, permitirá una rápida y homogénea brotación de las distintas yemas que posee, dando origen a tallos vigorosos que producirán plantas vigorosas. Cabe señalar que cada tallo corresponde a una planta independiente, que generará raíces, estolones y tubérculos.

Plantar tubérculos semilla en dormancia o latencia producirá una emergencia muy tardía, irregular y posiblemente con pérdida de semilla. Por otra parte, plantar tubérculos en etapa de dominancia apical generará plantas con uno o dos tallos, de buen desarrollo



Fuente: INIA Carillanca

Rizoctonia solani
(Costra negra)



Fuente: INIA Carillanca

Streptomyces scabies
(Sarna común)





vegetativo pero con pocos tubérculos por planta. En el caso de plantar tubérculos fisiológicamente viejos producirá plantas con un mayor número de tallos pero con un me-

nor desarrollo vegetativo, con una senescencia y madurez más temprana, lo que se traduce en un menor rendimiento.



Dormancia



Inicio Brotación múltiple



Dominancia apical



Brotación múltiple





2.3 Desarrollo Fisiológico de Tubérculos-Semilla de Papa

La explotación comercial de la papa considera un proceso de producción que abarca todo el manejo del cultivo en el campo, concluyendo después de un período de conservación o almacenaje. Posterior a esto, los tubérculos semilla serán «preparados y llevados a campo» para iniciar un nuevo ciclo. Los tubérculos semilla presentan cambios fisiológicos entre inicio de almacenaje y preparación para la plantación, necesarios de conocer y que, en el caso de la semilla, pueden incidir en sus características de calidad.

2.3.1 Envejecimiento Fisiológico.

Después de su iniciación, el tubérculo de papa se desarrolla de manera continua, tanto morfológica como fisiológicamente. En todo momento el tubérculo tiene dos edades diferentes: Una edad cronológica y otra fisiológica.

La edad cronológica se refiere a la edad del tubérculo desde el momento de la iniciación del tubérculo o desde su cosecha. Se expresa en días, semanas o meses sin referencia a las condiciones ambientales. La edad fisiológica, por otro lado, se refiere principalmente al proceso de desarrollo de los brotes. Depende tanto de la edad cronológica de los tubérculos como de las condiciones ambientales. Los tubérculos pueden tener la misma edad cronológica, pero sus edades fisiológicas pueden ser diferentes. Similarmente, tubérculos con la misma edad fisiológica pueden diferir en su edad cronológica.

Durante su desarrollo fisiológico, el tubérculo de papa «pasa a través» de los estados de reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud, proceso denominado envejecimiento fisiológico, donde el tubérculo «pasa» de fisiológicamente joven a fisiológicamente viejo.

2.3.2 Latencia o reposo del tubérculo de papa. Es un estado del tubérculo en el cual éste no brota a pesar de que existan condiciones favorables para el desarrollo inicial y el crecimiento de los brotes. Parece estar asociada con un balance hormonal, relacionado con la disminución en la concentración de ácido abscísico y aumento de ácido giberélico.

Durante su desarrollo fisiológico, un tubérculo de papa puede permanecer en reposo por varios meses, estado en el que no ocurre ningún crecimiento observable de los brotes, ni siquiera cuando los tubérculos son puestos bajo condiciones ideales para el crecimiento de éstos: oscuridad, 15 a 20°C y cerca de 90% de humedad relativa. La duración e intensidad de la latencia son diferentes en cada variedad y puede estar determinada por las condiciones ambientales a través del crecimiento de la planta madre y por la temperatura durante el almacenamiento del tubérculo semilla. Además de ello, las heridas, daños, cortes o peladuras del peridermo pueden acortar el tiempo de latencia.

El período de reposo termina cuando los brotes comienzan a crecer, considerándose el término cuando el 80 % de los tubérculos tienen brotes no menores de 3 milímetros de longitud.





Existen dos definiciones comunes del período de reposo:

- Reposo total: período comprendido desde el inicio de la tuberización hasta el término del reposo.
- Reposo de postcosecha: período existente desde la cosecha hasta el fin del reposo.

Si bien, el concepto de reposo total es más exacto aunque más difícil de determinar, el reposo de postcosecha es comúnmente utilizado para fines prácticos. La duración del período de reposo determinará la fecha de siembra.

Es arriesgado sembrar tubérculos en reposo, debido a que las plantas de papa podrían emerger en forma desuniforme y con un sólo tallo, o los tubérculos podrían pudrirse en el suelo antes de emerger, lo cual conduce al fracaso en el cultivo.

Los factores que afectan la duración del período de reposo son los siguientes:

Variedad de papa. El reposo del tubérculo puede durar desde menos de un mes hasta varios meses, dependiendo de la variedad. La duración del período de reposo no está relacionada con la duración del período vegetativo de una variedad. Por ejemplo, una variedad precoz no necesariamente tiene un período de reposo corto. Esta condición ocurre con la variedad Yagana-INIA, la cual tiene una latencia mayor que Desirée, teniendo un mal comportamiento en siembras de primores en el borde costero. Sin embargo, los agricultores del sector de la precordillera (Vilcún, Cunco, Melipeuco) la prefieren por su rapidez para cumplir su ciclo vegetativo.

Condiciones previas de crecimiento. Las condiciones bajo las cuales son producidos los tubérculos-semillas afectan la longitud del período de reposo. Por ejemplo, altas temperaturas, baja humedad y baja fertilidad del suelo durante el crecimiento del tubérculo aceleran el desarrollo fisiológico y reducen el período de reposo. Lo más característico es la comparación entre el comportamiento en almacenaje de papas producidas en condición de lomaje y aquellas producidas en condición de vega, las que tienen una mejor guarda (condición y tiempo de guarda).

Temperatura de almacenamiento. Las temperaturas altas de almacenamiento aceleran el proceso de envejecimiento fisiológico dentro del tubérculo reduciendo así el período de reposo. En algunas variedades, sin embargo, una temperatura fluctuante de almacenamiento o un «golpe de frío» de 2 ó 4 semanas a bajas temperaturas (inferiores a 10°C), es más efectivo para acortar el período de reposo que un almacenamiento a una temperatura alta constante.

Daños en el tubérculo. Los daños causados en la cosecha y manipulación o por enfermedades y pestes, reducen el período de reposo. El corte de los tubérculos-semilla también da lugar a un brotamiento más temprano.

Grado de madurez del tubérculo a la cosecha. Los tubérculos inmaduros tienen usualmente un reposo postcosecha más largo que aquellos maduros.

2.3.3 Dominancia apical. Al finalizar la latencia, el tubérculo comienza a sintetizar hormonas que favorecen el desarrollo de brotes y este pasa gradualmente de la dormancia al crecimiento activo de brotes. Este creci-





miento se acelera cuando la temperatura se eleva por sobre los 10 °C

Las yemas en los ojos del tubérculo comienzan a crecer y a formar brotes. Frecuentemente, la yema apical brota primero, marcando el comienzo del estado de dominancia apical, donde por efecto hormonal, el ojo terminal o apical crece y frena el desarrollo de las yemas laterales. Sembrar tubérculos-semilla con dominancia apical a menudo «da lugar» a plantas con un solo tallo, afectando negativamente el rendimiento. La duración de la dominancia apical difiere considerablemente entre variedades y es afectada por el **manejo del almacenamiento** y por el **desbrotamiento**.

Manejo del almacenamiento. La mejor manera de promover el desarrollo de un gran número de brotes es retardar el crecimiento de éstos hasta después del final de los estados de reposo y dominancia apical. Esto puede lograrse almacenando los tubérculos a baja temperatura (4 °C), con una humedad sobre el 90% y una adecuada ventilación, hasta que termine el estado de dominancia apical. Luego se incrementa la temperatura de almacenamiento (sobre 15 °C) para promover el crecimiento de los brotes, lo que dará lugar a un brotamiento múltiple.

Para limitar el número de brotes debe mantenerse la temperatura de almacenamiento alta (15-20°C), lo que favorece la dominancia apical.

Desbrotamiento. La remoción del brote apical del tubérculo puede inducir la formación de brotes múltiples, contribuyendo así a un brotamiento uniforme del tubérculo lo cual «da lugar» a varios tallos por planta. Los brotes pueden ser removidos cuando

ellos están aún jóvenes. Cuando los brotes están viejos, el desbrotamiento puede causar daños al tubérculo, deshidratación y un rebrotamiento escaso.

2.3.4 Brotación múltiple. Después del estado de dominancia apical, se desarrollan brotes adicionales y comienza el estado de brotación múltiple. Generalmente, éste es el estado óptimo para sembrar tubérculos semillas. Los tubérculos en este estado dan lugar a plantas con varios tallos.

El estado de brotamiento múltiple puede durar varios meses, según la variedad, especialmente cuando se almacenan los tubérculos en temperaturas bajas. Se recomienda exponer los tubérculos de papa a luz indirecta o «luz difusa», con el fin de promover y prolongar una lenta brotación múltiple y que la mayoría de las yemas tenga la misma oportunidad de generar brotes. La exposición a luz indirecta genera un verdeamiento de la semilla por el desenmascaramiento del glicoalcaloide conocido como SOLANINA, manteniendo los brotes de color oscuro, cortos, fuertes y resistentes al ingreso de hongos como *Rhizoctonia* y *Fusarium*.

En condiciones de oscuridad, los brotes que se generan son escasos, debido a una respuesta de dominancia apical por la búsqueda de luz, en la cual uno o pocos brotes dominan en su desarrollo sobre los demás. Éstos son de muy bajo vigor, color blanco, delgados y altamente susceptibles al desprendimiento por acción mecánica.

2.3.5 Senectud. Al comienzo del estado de brotamiento múltiple, el tubérculo semilla es fisiológicamente «joven» y al final de este, es fisiológicamente «viejo». Los tubérculos-





semilla viejos no deben ser desbrotados aunque los brotes se alarguen, porque pueden haber perdido su capacidad de rebrotamiento o solamente formar brotes delgados.

El estado de senectud de los tubérculos semilla se caracteriza por varios síntomas:

- Excesiva ramificación de los brotes,
- Producción de brotes largos y débiles, conocidos como «brotes ahilados»,
- Producción de papas diminutas en los brotes, ya sea antes de la siembra o durante la emergencia.

En este estado los tubérculos-semilla ya no producen plantas productivas.

2.3.6 Ruptura de latencia. Bajo algunas condiciones de cultivo, como es la siembra de invierno en La Serena, la latencia de la semilla de papa es un importante problema dado que el origen de la semilla es de la zona sur y sus períodos de latencia no se han cumplido. Esta situación se acentúa más cuando, en esta zona, las siembras del cultivo son permanentes. En esta condición es necesario efectuar manejo a la semilla para romperla.

Para el rompimiento de la latencia de la semilla de papa ha sido común emplear algunos productos químicos, los cuales han mostrado alguna potencialidad. Los más eficientes y exitosos son Rindite, 2 cloroetanol, clorhidrin etileno, disulfito de carbón, ácido giberélico, Tiourea, benziladenina y otras citokininas. Las variedades de papa reaccionan en forma diferente a la aplicación de los tratamientos químicos, cuyos efectos dependen de su duración, variedad, estado de latencia, temperatura y concentración del producto aplicado.

De acuerdo con resultados de investigación, el uso del ácido giberélico en dosis de 5 ppm, mediante su inmersión durante cinco minutos es lo más adecuado para romper la latencia de la semilla de papa; debiéndose mantener la semilla tratada almacenada en condiciones de luz difusa hasta su brotación, y someterla luego a periodos alternos de oscuridad con el fin de darle el tamaño adecuado a los brotes. El uso de concentraciones más elevadas aumenta la rapidez y la uniformidad de la brotación, sin embargo produce brotes ramificados y etiolados. Otro producto es el 2-cloroetanol al 1%, por la rapidez en inducir brotación y la producción de brotes vigorosos y sanos; sin embargo su manejo es complicado. La alternativa de someter a los tubérculos a diferentes regímenes de temperatura cada 12 horas también puede inducir la brotación, pero es posible que se generen problemas de pudrición cuando la calidad de la semilla no es adecuada.

2.4 MANEJO DE LA EDAD FISIOLÓGICA

Las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semillas de papa afectan la emergencia y el crecimiento del cultivo. Escogiendo tubérculos-semillas de una edad fisiológica determinada el agricultor puede variar el momento de maduración de su cultivo. En casos extremos el cultivo entero puede fracasar si los tubérculos-semillas son sembrados sin que tengan el estado adecuado de desarrollo fisiológico. Tanto las condiciones de crecimiento como las prácticas de almacenamiento influyen en las condiciones fisiológicas de los tubérculos-semillas de papa.

Las plantas desarrolladas de tubérculos-semillas fisiológicamente jóvenes desarrollan lentamente su rendimiento potencial, sin





embargo, el cultivo de papa crece durante un período más largo y el rendimiento total es mayor. Las plantas provenientes de tubérculos-semilla fisiológicamente viejos desarrollan rápidamente su rendimiento potencial, sin embargo, el cultivo madura tempranamente y el rendimiento total es reducido.

Por lo tanto, siembre tubérculos-semillas fisiológicamente más viejos si el período de crecimiento disponible es limitado por factores como baja precipitación, heladas tempranas, tizón tardío, incidencia de virus o demanda temprana del mercado. Si el período de crecimiento es largo, siembre tubérculos-semilla fisiológicamente jóvenes.

Cuadro 1. Estado fisiológico y situación del cultivo

Edad Fisiológica	Joven				Viejo
Estado Fisiológico	Reposo	Dominancia apical	Brotamiento múltiple	Senectud	
Brotamiento	Ausencia de brotes	Sólo brotes apicales	Varios brotes	Ramificación, brotes ahilados, papas, diminutas	
Condiciones de cultivo	Ausencia de emergencia	Pocos tallos	Muchos tallos	Plantas débiles	

Cuadro 2. Diferencias entre edades fisiológicas de tubérculos-semilla

La semilla vieja da lugar a:		La semilla joven da lugar a:	
Emergencia	Temprana	Emergencia	Tardía
Tuberización	Temprana	Tuberización	Tardía
Follaje	Escaso	Follaje	Abundante
Nº de tubérculos	Reducido	Nº de tubérculos	Elevado
Maduración	Temprana	Maduración	Tardía
Rendimiento	Bajo	Rendimiento	Alto

Cuadro 3. Condiciones para adelantar o atrasar la condición fisiológica

La edad del tubérculo es adelantada por:		La edad del tubérculo es atrasada por:	
Clima	Cálido	Clima	Frío
Estructura del suelo	Liviana	Estructura del suelo	Pesada
Humedad del suelo	Baja	Humedad del suelo	Alta
Fertilidad del suelo (N)	Baja	Fertilidad del suelo (N)	Alta





2.5 ALMACENAMIENTO DE TUBÉRCULOS SEMILLA CON LUZ DIFUSA NATURAL

El uso de luz difusa natural consiste en almacenar los tubérculos semilla expuestos a la luz indirecta, permitiendo lograr brotes con entrenudos cortos, muy vigorosos, con las ventajas antes señaladas.

Dentro del lugar de almacenaje los tubérculos-semillas deben ser colocados en estantes fabricados con listones de madera o coligues, hasta una altura que permita su manejo en forma eficiente. Para facilitar la distribución uniforme de la luz sobre los tubérculos, estos no deben colocarse en más de 2 o 3 capas (menos de 12 cm de altura). El ancho de las bandejas debe ser de 1,2 m, con un espacio mínimo de 35 cm. entre las estanterías.

Bajo estas condiciones de almacenamiento, en 1m² de bandeja, se podrá almacenar aproximadamente 80 kg. de semilla de papa. Otra forma de almacenar los tubérculos semilla es usando cajones apilables contruidos para este propósito o con cajones tomateros o fruteros (con los laterales rebajados). Se debe tener presente que para una distribución uniforme de la luz, la estructura o bodega de almacenamiento debe permitir la entrada de luz desde el techo así como desde las paredes laterales.

En los cuadros 4 y 5 se presentan resultados experimentales del almacenamiento de tubérculos con luz difusa, determinándose que las pérdidas totales son menores y es mínima la pérdida por brotes y pudrición.

Cuadro 4. Comparación entre el almacenamiento de semilla de papa con luz difusa natural y a la oscuridad, en almacenes de pequeños agricultores en la Región de los Lagos. Variedad Ultimus. (1983)

Localidad	Tratamiento	Período almacenaje (días)	Distribución de pérdidas (%)		
			Brotes y Deshidratación	Pudrición y Respiración	Total
Lago Ranco	Luz Difusa	160	0,1	12,4	12,5
	Oscuridad	160	7,2	7,0	14,2
Mauullín	Luz Difusa	158	0,1	8,9	9,0
	Oscuridad	158	7,8	6,3	14,1
Promedio	Luz Difusa	159	0,1	10,7	10,8
	Oscuridad	159	7,5	6,6	14,1

Fuente: Santos, J. (1989)





Cuadro 5. Influencia del sistema de almacenamiento de semilla de papas, sobre el largo de los brotes en dos bodegas modificadas de pequeños agricultores. Variedad Ultimus (1983).

Localidad	Largo de Brotes (cm)	
	Luz Difusa	Oscuridad
Lago Ranco	2,3	21,1
Maullín	1,5	18,1
Promedio	1,9	19,6

Fuente: Grandon, M. 1984

El control del crecimiento de los brotes en presencia de luz produce una disminución de las pérdidas asociadas con el excesivo brotamiento (Cuadro 4). Se ha observado un aumento del número de brotes, una reducción de la dominancia apical en la mayoría de las variedades y una mayor resistencia a enfermedades como por ejemplo Rizoctonia.

En el cuadro 6 se observa claramente que los tubérculos expuestos a la luz difusa emergieron antes y en forma más uniforme que aquellos almacenados en oscuridad (aproximadamente 15 días antes). Esta característica es especialmente importante al usar variedades precoces con el fin de obtener primores, o en aquellos años de déficit hídrico por sequía. Las ventajas antes señaladas se traducen en un aumento de los rendimientos físicos

Cuadro 6. Efecto de la conservación con luz natural difusa y oscuridad sobre la emergencia de tubérculos semillas en cuatro variedades de papa. INIA Remehue, 1983. (154 días de almacenamiento)

% de emergencia en el campo	Ultimus	Spartan	Yagana INIA	Fueguina INIA	Promedio
10 días después					
Luz difusa	9,6	-	-	54,5	32,0
Oscuridad	-	-	-	-	-
15 días después					
Luz difusa	54,5	8,7	60,4	92,2	53,9
Oscuridad	-	-	-	-	-
20 días después					
Luz difusa	98,5	59,0	90,3	95,5	85,8
Oscuridad	7,6	0,3	3,1	14,2	6,3
25 días después					
Luz difusa	100,0	92,7	98,3	100,0	97,7
Oscuridad	67,6	51,1	63,5	69,0	62,8
31 días después					
Luz difusa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Oscuridad	96,0	92,2	100,0	97,6	95,1

Fuente: Santos, J. (1989)





2.5.1 Pre-brotado

Consiste en exponer los tubérculos semilla a la luz difusa, con el fin de obtener una mayor cantidad de brotes cortos y fuertes. En este caso el período de exposición es de alrededor de 60 días. Como técnica, es recomendable para la obtención de primores, adelantándose la cosecha en aproximadamente 15 días. Se recomienda el uso de variedades precoces que tienen un período de latencia corto y que rápidamente brotan.



Bandejas con luz difusa y prebrotado

Cuadro 7. Efecto del prebrotado en el rendimiento y calibres de papa en agricultura campesina del sector del valle central de la Región de la Araucanía.

Variedades	Rendimiento ton/ha	Calibres (%)		
		+ de 6 cm	3,5 - 6 cm	- 3,5 cm
CATT NIÁGARA (riego)				
Desirée con prebrotado	60.0	31.3	67.3	1.4
Desirée sin prebrotado	44.8	22.4	74.6	2.9
CATT PITRUFQUÉN (secano)				
Desirée c/preb.	46.96	10,7	84,9	4,4
Desirée s/preb.	43.75	6,9	85,6	7,5
Cardinal c/pre.	47.06	2,1	84,4	13,5
Cardinal s/pre.	35.80	9,0	82,7	8,3
Pehuenche c/pr.	48.24	39,6	57,5	2,9
Pehuenche s/pr.	38.91	49,0	47,6	3,4
Yagana c/preb.	58.24	-	81,3	18,7
Yagana s/preb.	52.22	-	87,5	12,5

Fuente: INIA Carillanca, programa de TT.





Literatura Consultada

Malagamba P. 1997. Manual de Capacitación Fisiología y manejo de tubérculos semilla de papa Fascículo 2. Centro Internacional de la Papa CIP.

Montesdeoca M., Fabián (Autor). 2005. Guía para la producción, comercialización y uso de semilla de papa de calidad. PNTR-INIAP Proyecto Fortipapa, pp. 40. Ecuador.

Wiersema S.G. 1991. Desarrollo fisiológico de tubérculos semillas de papa. Boletines de Información técnica. Centro Internacional de la Papa CIP.







III. PREPARACION DE SUELO

Juan Inostroza F., Patricio Méndez L.
INIA Carillanca

3.1 INTRODUCCIÓN

La preparación del suelo es una de las labores agrícolas de mayor importancia en la producción de papa, puesto que persigue adecuar a las necesidades de las plantas, las características físicas del suelo que afectan la brotación de la semilla y su desarrollo posterior.

En nuestro país existen tantos métodos de labranza como tipos de suelos, clima y agricultores que poseen recursos materiales diversos, lo que impide utilizar un sólo método de labranza para conseguir una siembra adecuada. Cada situación requiere de un análisis particular, con el propósito de elegir el equipo y método de uso que más se acomode a las características del productor. Además de contar con la maquinaria para lograr una buena cama de siembra, se debe poseer la tecnología para su operación, mantenimiento y conservación.

3.2 PRINCIPIOS BÁSICOS DE LABRANZA

La «preparación de suelos» es la manipulación física que se aplica con la intención de modificar aquellas características que afectan la brotación de las semillas y posteriores etapas de crecimiento del cultivo. Estas características determinan las relaciones planta-suelo-agua-aire, que afectarán el desarrollo de las plantas.

3.2.1 Características del suelo que afectan el crecimiento de las plantas

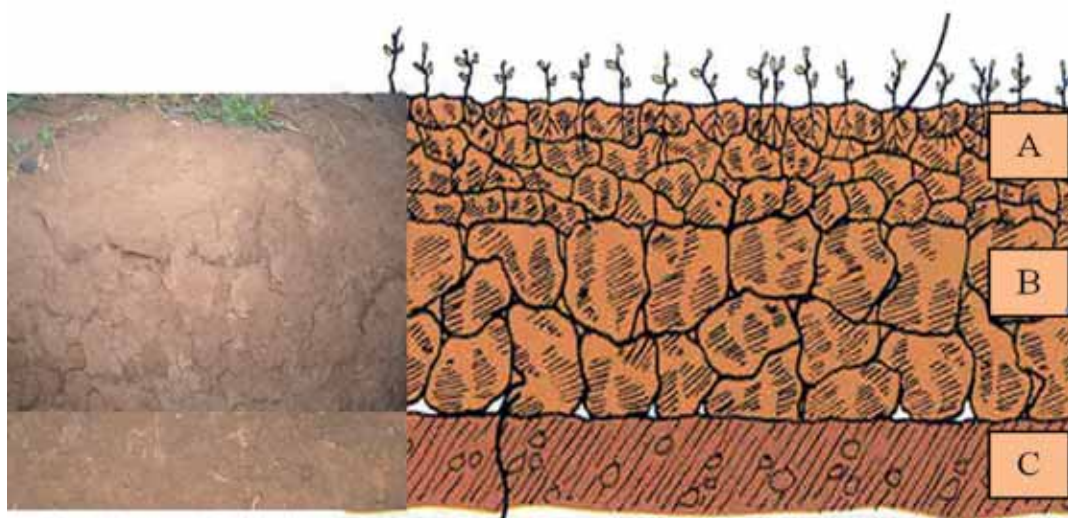
a) Estructura del suelo. Es el ordenamiento de las partículas del suelo, entendiéndose como tales, no sólo los elementos mecánicos individuales como arena, limo y arcilla, sino también los agregados que se han formado en fracciones más pequeñas por acción mecánica. La productividad de un suelo, depende en gran medida de su estructura, por lo tanto, el primer objetivo de todas las operaciones primarias de labranza es modificarla para obtener una porosidad que permita una buena circulación del gas y aire en el suelo, facilitando el crecimiento y penetración de las raíces.

b) Aireación del suelo. Es importante para decidir la fineza de la labranza. Los cultivos sólo pueden desarrollarse en forma vigorosa en un ambiente de buena aireación, vale decir, donde la concentración de anhídrido carbónico alrededor de sus raíces es baja y la del oxígeno es alta. Por lo tanto, las velocidades de transferencia de anhídrido carbónico desde la zona de raíces a la atmósfera, como oxígeno desde la atmósfera a la zona radicular, son propiedades del suelo de importancia fundamental para el cultivo. Al aumentar el volumen de poros con la aradura se mejoran las condiciones de movimiento de aire en el suelo, originando un descenso en el contenido de anhídrido carbónico. Sin embargo, labranzas excesivas o mal efectuadas destruyen la agregación y aumentan la densidad del suelo, reduciendo la porosidad, alterando así la infiltración del agua y la aireación de éste.





En términos generales, el volumen de un suelo está ocupado en un 45% por materia mineral y en un 5% por materia orgánica. El 50% restante, corresponde al espacio poroso, que está ocupado por aire y agua.



En un corte vertical de un suelo se observa que a distintas profundidades existen capas de distinta apariencia, denominadas horizontes y su conjunto conforman el perfil del suelo.

Horizonte A: Más oscuro, mejor estructura, buen contenido de poros.

Horizonte B: Subsuelo, acumulación de sustancias solubles y materias coloidales, de menor fertilidad que el horizonte A.

Horizonte C: Material original, menos afectado por los agentes físicos, químicos y biológicos. Es el horizonte menos fértil.

c) Compactación. La compactación es un problema que ocurre en aquellos suelos cuya estructura es propensa a la destrucción por efectos de labranza y/o la acción del agua (lluvia o riego). Un cierto grado de compactación puede ser beneficioso, pero

cuando éste es excesivo, puede dar como resultado efectos perjudiciales para los suelos y para el crecimiento de las plantas cultivadas. Al reducirse la porosidad de ellos dificulta el movimiento de raíces, gases y agua.





La compactación del suelo es la resultante de la gravedad, lluvia y tráfico. De ellas, sólo la última puede ser regulada por el hombre y su acción es «más severa» cuando la materia orgánica es escasa, puesto que el humus actúa como cementante para dar estabilidad a los agregados del suelo.

Como no es posible suspender el movimiento de equipos agrícolas sobre el terreno, deben emplearse métodos que tiendan a reducir la cantidad de labores que se realizan en éstos.

Los efectos de la compactación aumentan con el tráfico de la maquinaria y más aún si el suelo se encuentra suelto al momento de iniciarse las labores. También se incrementa este efecto, cuando el suelo ha sido trabajado con un contenido de humedad intermedia (suelo friable), punto en que presenta su máxima facilidad de mullimiento pero, también, su más alta susceptibilidad a la compactación.

El peso de la maquinaria agrícola y la velocidad de trabajo, junto a la vibración de la unidad motriz, favorecen la compactación general del suelo, especialmente donde se han ejecutado prácticas que deterioran su estructura. Al emplearse un tractor pesado en los trabajos de labranza, cada «pasada» ocasiona dos huellas en franjas de medio metro cada una, aproximadamente. Con las labores posteriores a partir de la cuarta pasada, se supone, que el terreno queda totalmente cubierto de huellas. Se ha demostrado que la primera pasada de un tractor sobre un suelo recién arado, compacta diez veces más que una segunda o posterior pasada. Por lo tanto, es conveniente «hacer coincidir» las huellas de las pasadas posteriores para no generalizar el daño y a la vez disminuir al mínimo las labores. Es recomendable que el peso del tractor e

implementos gravite lo menos posible sobre el terreno, usando neumáticos anchos con presiones bajas, sobre todo cuando se trabaja en suelos húmedos.

El uso reiterado del arado de discos y/o vertederas a una misma profundidad, va compactando año a año el fondo del surco y formando una capa dura de 3 a 4 centímetros de espesor, conocida comúnmente como «pie de arado». Esta compactación limita la penetración de raíces, disminuye la velocidad de movimiento del agua y aire en el perfil del suelo y ocasiona en consecuencia, problemas de drenaje y erosión.

Otra situación que requiere especial tratamiento de labranza de subsuelo, se presenta en las praderas permanentes sometidas a pastoreo directo. La compactación producida por el pisoteo de los animales es aún más severa que la generada por el tráfico de maquinaria, puesto que el peso es distribuido en una menor superficie de contacto con el suelo. Esto es particularmente importante en el cultivo de papa que en general se usa como cabecera de rotación, después de pradera.

Las posibilidades de compactación son mayores en suelos de textura arcillosa y en aquellos que poseen un bajo contenido de materia orgánica. El sobrelaboreo que deja el suelo finamente mullido (especialmente con rastras de discos) favorece la compactación, por lo que debe evitarse.

d) Materia orgánica. La materia orgánica aumenta la agregación y mejora la estructura de los suelos. Se ha demostrado que la práctica continua de labranza destruye la agregación y deteriora la estructura de éste, reduciendo paralelamente su contenido de materia orgánica. La incorporación de mate-





ria orgánica en la «capa arable» del suelo mediante la aradura de los rastros de cultivos y/o empastadas naturales o artificiales degradadas favorece la estructura del suelo y reduce los efectos negativos de la compactación. Lo mismo ocurre con el uso del estiércol y el encalado. Para que la materia orgánica se descomponga rápidamente el rastrojo debe desmenuzarse en trozos pequeños y permitir que ellos se sequen en la superficie antes de ser enterrados. También es recomendable, para acelerar este proceso, agregar aproximadamente 80 a 100 kg. de nitrógeno por hectárea, para favorecer la actividad bacteriana.

e) Humedad del suelo Es uno de los factores que tiene mayor incidencia en las labores de preparación de suelo, tanto en la aradura como en los rastros. La humedad hace que el suelo presente mayor o menor resistencia a la penetración de los implementos, también le confiere características de plasticidad que le permiten adherirse a los implementos de labranza, dificultando su acción. En suelos muy húmedos se afecta la tracción al aumentar el patinaje y aumentar los requerimientos de potencia, debido a la gran resistencia que ofrece al desplazamiento del arado.

Un suelo con poco contenido de humedad es duro. A medida que la humedad aumenta, éste se ablanda y se disgrega con facilidad. La consistencia friable representa la condición óptima de humedad para realizar la labranza del mismo. Esta condición se reconoce en la práctica al tomar suelo en la mano y conseguir que éste se disgregue fácilmente al ser presionado, sin dejar restos adheridos a ella. Un suelo muy húmedo, forma una pelota al «ser amasado» y ensucia la mano con la arcilla húmeda que se pega. Un suelo demasiado seco, forma terrones durísimos que son muy difíciles de disgregar.

Cuando el contenido de humedad aumenta en forma excesiva, el suelo se vuelve plástico, adhesivo y muy difícil de disgregar, siendo inútil la acción de los rastros.

Lo anterior guarda estrecha relación con el tipo de suelo. Suelos arenosos no presentan estos problemas, pero en la medida que aumenta el contenido de arcilla es importante considerar trabajar el suelo en condiciones friables, por ser éste muy difícil de manejar. Los suelos arcillosos exigen gran dedicación, porque pierden rápidamente la humedad en primavera, siendo difíciles de mullir.

De lo anterior se desprende que el mullimiento del suelo está íntimamente ligado al contenido de humedad de éste y, que por lo tanto, la oportunidad de realizar la labor es más importante que el número de veces. Una labor efectuada en el momento adecuado, puede tener un efecto definitivo en la obtención del grado de mullimiento deseado. Sin embargo, no se debe olvidar que el momento en que el suelo es más fácil de compactar, coincide con la condición friable de éste, por lo que es recomendable evitar el tráfico excesivo a fin de no llegar a un exceso de compactación.

3.3 OBJETIVOS DE LA PREPARACIÓN DEL SUELO

- Soltar y remover el suelo para crear condiciones favorables a la circulación del agua y gases en la zona arable del suelo, a la vez de facilitar el desarrollo radicular del cultivo que se desea establecer.
- Generar condiciones óptimas de mullimiento del suelo para la germinación de la semilla.





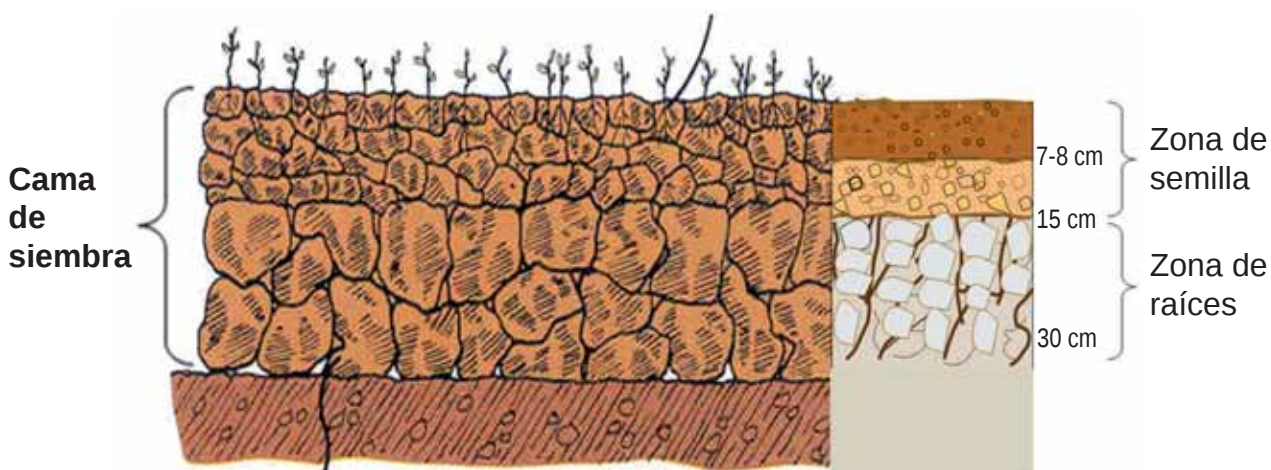
- Controlar y destruir las malezas que compiten con el cultivo.
- Aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo.
- Eliminar aquellos insectos que constituyen plagas, sus larvas, huevos y lugares de desarrollo.
- Incorporar residuos vegetales, fertilizantes y cal promoviendo un incremento de la actividad bacteriana y un aumento de la materia orgánica.

No existe un orden prioritario de importancia en los objetivos planteados, dadas la enorme variedad de problemas de suelo, male-

zas, plagas y de humedad presentes en los campos, a lo largo del país.

3.4 CAMA DE SIEMBRA ÓPTIMA

La cama de siembra corresponde a todo el perfil de suelo que es alterado por las labores de labranzas y su función es crear las condiciones ideales para la siembra, germinación de la semilla y posterior desarrollo del cultivo. En ella se distinguen dos zonas que obedecen a distintos objetivos y por lo tanto, requieren diferentes características: zona de semillas y la zona de raíces.



3.4.1 Características y condiciones óptimas de la zona de semillas

La zona de semillas es la superficial y debe permitir el aumento de la temperatura en la superficie y una adecuada humedad aportada desde las capas inferiores del suelo. La preparación de suelos comienza por lo general a salida de invierno y al momento de plantar esta zona debe presentar las siguientes características:

- Profundidad: El terreno para una siembra de papa debe presentar una capa superficial de 8 cm. convenientemente mullida, que permita la aireación y acumulación de temperatura suficiente para la brotación. Más abajo debe existir una capa con mayor contenido de humedad, de 15 a 20 cm. sobre la que se deposita el tubérculo semilla. Estos primeros centímetros de suelo, constituyen la zona de brotación, por lo tanto un buen trabajo de esta parte de suelo, asegurará la mejor emergencia de las plantas.





- b) Mullimiento: El grado de mullimiento del suelo debe relacionarse con el tamaño de la semilla. Cuando los terrones son demasiado grandes, no se establece un buen contacto con ella, debido a las bolsas de aire que la rodean y aíslan, impiden que se transfiera la humedad y temperatura necesaria para la brotación. Los terrones no deben sobrepasar los 3 cm de diámetro. El excesivo mullimiento de la zona de semillas tampoco es favorable, puesto que destruye la estructura facilitando la compactación producida por el agua.
- c) Debe estar libre de malezas, champas y residuos vegetales vivos en la superficie. Las malezas compiten con el cultivo por los nutrientes del suelo, agua y luz.
- d) Compactación: Debe estar suficientemente firme para que la máquina plantadora pueda regular la profundidad y así permitir una ubicación uniforme para la semilla. En ningún caso es conveniente que se produzca en esta zona una compactación excesiva que pueda limitar la penetración de las raíces y la circulación del agua y aire.
- e) Humedad: Debe tener la humedad necesaria para permitir una buena germinación y desarrollo de las plántulas. El laboreo excesivo en la zona de semillas ventila el suelo y lo seca rápidamente.
- f) Temperatura: En la zona productora de papa este aspecto es muy importante puesto que el tubérculo semilla para brotar requiere en el suelo temperaturas superiores a 9 °C. Esto ocurre desde el mes de agosto en adelante y en especial si los potreros tienen una exposición norte.

3.4.2 Características y condiciones óptimas de la zona de raíces

Corresponde a la zona de mayor profundidad desde donde se produce la extracción de nutrientes, agua y aire que la planta necesita para su crecimiento, y debe reunir las siguientes características:

- a) Requiere menos mullimiento que la zona de semilla.
- b) Debe tener una estructura granular, que permita una fácil actividad y penetración de las raíces.
- c) No debe ser compactada para permitir una mejor retención del agua y mayor movimiento del aire en el suelo.
- d) Debe ser lo suficientemente profunda, para permitir que las raíces tengan una amplia zona de desarrollo (hasta los 25 a 30 cm).

Esta zona debe ser removida por la labor de aradura profunda, bastando sólo ésta para dejarla en buenas condiciones.

No obstante que las labores de aradura no debieran superar los 28 a 30 cm. de profundidad de suelo, es recomendable eliminar todas las compactaciones presentes en el fondo del suelo arable (pie de arado) que limitan el desarrollo radicular y el movimiento del agua en este.

3.5 MÉTODOS DE PREPARACIÓN DE SUELOS

Existen variadas formas de preparar una cama de plantación, para establecer un cultivo.





3.5.1 Objetivos

Los métodos o procedimientos de preparación del suelo obedecen a objetivos bien definidos:

- a) Lograr una cama de siembra óptima.
- b) Reducir el número de horas de trabajo por superficie y la mano de obra involucrada, tendientes a bajar los costos de las labores.
- c) Proteger el suelo contra la erosión.
- d) Reducir el tráfico de la maquinaria para evitar compactación.
- e) Conservar y almacenar humedad en el perfil del suelo, en beneficio del cultivo.
- f) Controlar algún tipo de malezas en particular.

Es posible que algunos de estos objetivos resulten a veces prioritarios, en atención a las características ambientales del sector donde se desea establecer el cultivo.

3.5.2 Cantidad de labores a realizar en un suelo

Los métodos tradicionales de preparación de suelo que consultan rotura, cruza, repetidos rastrajes y rodillado, se caracterizan por la aplicación de un exagerado número de labores que no siempre conducen a resultados favorables. La labranza excesiva del suelo aumenta considerablemente los costos de producción, afecta la actividad microbiana, favorece la erosión y produce compactación con el tráfico de los equipos por el terreno. Estos procedimientos suelen establecer buenas poblaciones de plantas y

conseguir rendimientos aceptables, pero a costos demasiado altos y con evidente perjuicio para la estructura del suelo.

En un cultivo de papa generalmente se realizan más labores de las necesarias, ya sean de aradura o de rastrajes para conseguir los objetivos buscados, fundamentalmente porque no se usa la herramienta adecuada en la forma y momento oportuno, como se analizará más adelante.

a) Labranza tradicional: Es el sistema de preparación de suelo que se utilizó en forma tradicional, y que en algunos casos aún es realizado por pequeños agricultores. Se caracteriza por el uso reiterado del arado de vertedera, con el cual se efectúan cruza y recruza que invierten el suelo, seguido de un número importante de rastrajes con rastras de discos o de clavos. En cada pasada de arado se mueve una gran cantidad de suelo, dejando la superficie sin cobertura vegetal.

La «cruza» corresponde a la segunda aradura que se aplica a un suelo en la misma temporada, esta se realiza en sentido perpendicular a la primera aradura. Es una práctica que se identifica con la labranza tradicional y que no siempre tiene una justificación clara; sin embargo, cuando se utiliza es fundamentalmente para resolver las siguientes situaciones:

- Rectificar una aradura de profundidad irregular, e inversión defectuosa.
- Profundizar la «cama de siembra», cuando por efecto de las características del suelo, no es posible lograr la profundidad deseada con la primera aradura.
- Soltar el suelo que ha sido compactado por las lluvias. Este caso es común en la preparación de suelos arcillosos (vegas).





- Extraer suelo húmedo de las capas inferiores, enterrando los terrones que se hubieran formado en la superficie, como una manera de facilitar el mullimiento.

Si se analizan los puntos anteriores, es posible comprobar que la cruz puede ser eliminada en la mayoría de los casos, puesto que gran parte de ellos son la resultante de prácticas de manejo inapropiado del suelo.

b) Labranza convencional: Sistema de preparación de suelo que utiliza arados de vertedera o de disco para dar la profundidad de labor e invertir el suelo y un número limitado de rastrajes con rastras de discos o de clavos, vibrocultivador, rotofresadoras, rotovatores, etc. Se diferencia del sistema tradicional por eliminar la labor de cruz y recruza. De igual forma mueve una gran cantidad de suelo, y deja la superficie sin cobertura vegetal.

c) Labranza mínima: Frente a la gran cantidad de problemas creados por el exceso de laboreo, se plantean nuevos métodos de preparación de suelos, inspirados en los principios de mínima labranza, que tiende a reducir el tráfico de la maquinaria por el campo.

Para aplicar, los procedimientos de labranza mínima, no se requieren equipos especiales ni sofisticados. Se utilizan implementos comunes dispuestos en tandem (uno detrás de otro) y aplicados en la oportunidad adecuada y en relación al contenido de humedad del suelo. Tampoco se requiere mayor potencia, puesto que los tractores cuentan con la reserva suficiente para cubrir la demanda extra que significa acoplar un implemento adicional como los mencionados.

Los casos más frecuentes implican la ejecución de dos o más labores simultáneas,

acoplando al tractor en tándem, varios implementos de labranza. Tractor, arado, rodillo subsuperficial y rastra de clavos acoplados en línea, suelen conseguir en algunos suelos, una adecuada cama de siembra en sólo una operación. Otros ejemplos pueden ser: un rodillo subsuperficial o una rastra de clavos acoplada detrás del arado, para evitar la formación de terrones en suelos medianos o pesados; una rastra de clavos o un simple rastrón de madera detrás de la rastra de discos, permite conseguir un mullimiento del suelo más acabado, a la vez de sellarlo superficialmente para evitar la pérdida de humedad.

Actualmente el mercado de maquinaria agrícola nacional ofrece una serie de equipos que están basados en este principio de labranza mínima, tal como la rastra combinada de clavos y rodillos; además del uso estratégico del vibrocultivador, rotofresadoras, rotovatores y cinceles con incorporadores de rastreo. La tendencia ha sido reemplazar el uso del arado de vertedera y el de disco por el arado de cincel, para dar la profundidad de labor, moviendo una pequeña cantidad de suelo del perfil y reemplazando la inversión del suelo por el control químico de la vegetación o «barbecho químico».

Los mejores resultados con labranza mínima se consiguen en suelos de textura media. Los suelos pesados dificultan el tráfico de los equipos por su dureza, cuando el contenido de humedad es bajo, y por su adhesividad, cuando están demasiado húmedos. Estos métodos sin embargo, pueden ser aplicados en todos los suelos arables, previa eliminación de obstáculos naturales como ser piedras y troncos, en condiciones de humedad favorables. En la actualidad se ha reducido a tal punto la labranza para el cultivo





de papa, que existen rotofresadoras que con sólo una pasada permiten que el suelo esté en condiciones adecuadas para la plantación.

La economía de combustible resultante del reemplazo de los métodos tradicionales por la labranza mínima es de tal magnitud, que permite aproximadamente duplicar la superficie trabajada o también utilizar la mitad del combustible empleado en las labranzas tradicionales.

Otro aspecto a considerar es el mejoramiento de la oportunidad de plantación, especialmente cuando se prepara con una pasada de rotofresadora, lo que permite sincronizar la preparación de suelo con la plantación. Sólo se preparará la superficie que se plantará al día siguiente, independizándose de este modo de las condiciones climáticas.

No obstante el mejoramiento de la tecnología de mecanización para la labranza, el éxito de los sistemas de labranza mínima dependen en gran medida de la eficiencia del operador, calidad de las labores y características físicas del suelo al momento de aplicar dichos métodos.

d) Cero labranza: Al igual que en el caso de los cereales, la reducción de la labranza en el cultivo de papa ha llegado al extremo de eliminarla completamente, realizándose de este modo un sistema de cero labranza. En tal caso se establece el cultivo directamente sobre el suelo, cubriendo la semilla con una densa capa de rastrojo o paja de cereales, la que permite protegerla de los factores ambientales como luz, viento y bajas temperaturas, facilitándose así el desarrollo del cultivo. Debido a que la plantación y el manejo del cultivo se realizan manualmente, el sistema está limitado a pequeñas superficies.

3.6 Épocas de preparación de suelo

La preparación del suelo debe planificarse con la debida anticipación, con el objetivo que la siembra no se atrase por este concepto. La mayoría de los atrasos en la siembra se deben a las lluvias de invierno y a la humedad excesiva del suelo, que impide comenzar la labranza mecanizada con la anticipación deseada, limitando el tiempo disponible para preparar el suelo, sumado al hecho que la descomposición de los residuos enterrados por la aradura es lenta.

Estas consideraciones hacen recomendable comenzar las labores de preparación de suelo para las siembras en otoño (picado e incorporación de los residuos con aradura), luego continuar en invierno o a fines de invierno con rastros superficiales (control de la germinación de semillas de malezas) y terminar durante el último mes antes de la siembra profundizando la rotura con arado cincel (sin invertir), nivelando y acondicionando la zona de semillas. En general la fecha de siembra de la papa para temprano es julio y de la de media estación es agosto.

En el caso de los suelos de vega, la preparación del suelo se inicia en octubre, una vez que ha disminuido el nivel de humedad. En el sector costero, el sol y el viento sur dominante en primavera secan el suelo con rapidez, especialmente en el caso de los suelos de textura franco-arcillosa, con gran tendencia a la formación de terrones. Es por ello que la preparación de suelo debe realizarse rápidamente, aprovechando la condición de suelo friable. Si se llegaran a formar terrones, por la acción del sol y el viento, lo más recomendable es arar con vertedera o disco para enterrarlos y «sacar a la superficie» suelo húmedo en mejor condición para ser disgregado.





3.7 MAQUINARIA PARA LA PREPARACIÓN DE SUELOS PARA LA SIEMBRA

Existe una gran variedad de equipos destinados a romper, disgregar, nivelar, compactar el suelo, romper terrones, controlar malezas y triturar residuos de rastrojos del cultivo anterior. La mayoría de estos equipos son de diferente diseño, pero han sido concebidos para resolver un mismo problema (arados de discos y vertederas, vibro cultivador rastra tandem), o para actuar bajo condiciones de suelo específicas.

Para determinar el método de preparación de suelo que más conviene y elegir correctamente los equipos a utilizar, es necesario definir, claramente las características de la cama de siembra que se desea lograr, y conocer los efectos que producen los equipos de labranza disponibles.

3.7.1 Equipos para labores profundas

Los equipos para roturar el suelo se clasifican según su accionar: en arados que invierten el perfil del suelo (discos y vertederas), arados que lo mezclan (rotativos) y arados que no lo alteran (cincales y subsoladores).

a) Araduras que invierten el perfil del suelo: Son aquellas que se realizan con arados de discos y de vertederas. Ambos equipos invierten el suelo, pero con diferente resultado, debido fundamentalmente a que su diseño es distinto. Sus características de funcionamiento hacen que se produzcan diferencias en la calidad de la aradura, en relación a la inversión, mullimiento y nivelación posterior del suelo.

La característica más importante de operación de los arados de discos y

vertederas, es su capacidad para enterrar estiércol, residuos vegetales, empastadas degradadas y otros. Ambos equipos actúan mejor en presencia de praderas previamente trozadas para evitar el «atollamiento» en las unidades de rotura.

Con el arado de vertederas se realiza una excelente inversión del suelo cuando se opera sobre un terreno que no ha sido arado recientemente. Al utilizarlo sobre suelos sueltos sólo se limita a desplazarlo lateralmente sin invertirlo. Con el arado de discos ocurre lo contrario, invierte muy bien un suelo suelto, provocándose desniveles de micro relieve cuando se utiliza sobre pradera.

En suelos con presencia de obstáculos (piedras, troncos, raíces, etc.) húmedos y de textura arcillosa, se comporta mejor el arado de disco, puesto que al girar, la unidad de rotura evita obstáculos y presenta menos resistencia al suelo (la tierra se adhiere menos al disco). Sin presencia de estas limitaciones de suelo, es preferible utilizar el arado de vertedera que protege la nivelación, factor que puede ser importante cuando se conduce agua de riego.



Arado de vertedera de tiro animal





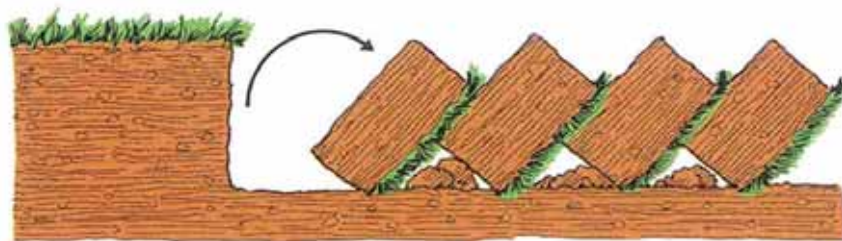
Arado de vertedera reversible



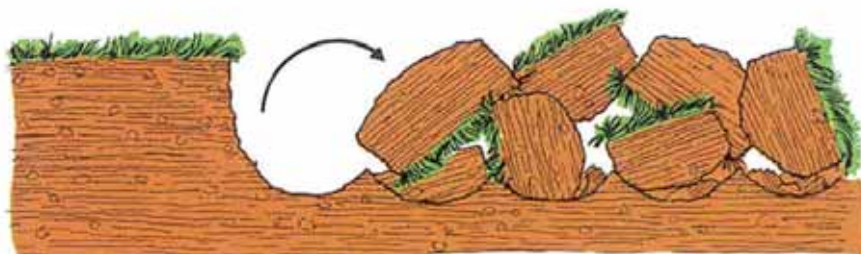
Arado de vertedera fijo



Arados de discos



Inversión del suelo con arado de vertedera



Inversión del suelo con arado de disco





b) Araduras que mezclan el perfil del

suelo: Los arados rotativos son implementos de rotura que demandan una gran dedicación para su uso, debido a que someten al suelo a un excesivo manipuleo y pueden alterar sus características estructurales. Sin embargo, cuando éstos se emplean adecuando las revoluciones a las características del suelo, resultan ser de gran eficiencia por la rapidez y simplicidad de uso.

Las cuchillas adosadas a un rotor que gira impulsado por el eje del tractor, cortan trozos de suelo y los lanzan contra la carcasa del arado para completar su mullimiento. El tamaño de los trozos de suelo depende de la velocidad de desplazamiento y de las revoluciones del rotor. La mayoría de los diseños ofrecen una amplia gama de revoluciones en el rotor puesto que están provistos de una caja de velocidad para ese efecto. Este implemento puede usarse para el picado de residuos y para la destrucción de terrones, pero requiere de gran potencia al eje de toma fuerza del tractor y altera la estructura del suelo, produciendo un mullimiento exagerado.

c) Araduras que no alteran el perfil del

suelo: Arados cinceles y subsoladores, son equipos de labranza que permiten disgregar el suelo sin alterar el perfil de éste, agrietándolo por medio de la acción de uno o varios cinceles adosados a un vástago o brazo unido a un marco portaherramientas. La diferencia entre ambos equipos radica en la robustez de la estructura, profundidad de trabajo y cantidad de cinceles.

Este tipo de trabajo requiere suelos relativamente secos para que se produzcan las grietas o fracturas del suelo. Suelos húmedos serían cortados por el cincel como un cuchillo, sin producir el efecto resquebrajador de-

seado. Sin embargo, el suelo seco ofrece mayor resistencia al arado, lo que se traduce en una gran demanda de potencia, la que aumenta en proporción directa a la profundidad de trabajo y el número de cinceles del implemento.

El arado cincel es la herramienta indicada para destruir compactaciones tipo «pie de arado», mejorar la retención del agua y proteger la nivelación y estructura del suelo. Su principal ventaja es profundizar la cama de siembra sin invertir el suelo ni producir desnivelaciones en la superficie del mismo, lo que indica que puede ser usado primero para acondicionar la zona de semillas y posteriormente a toda la profundidad deseada. La separación entre los cinceles está determinada por la longitud de las grietas o líneas de fractura producidas, lo importante es que las grietas se entrecrucen lo suficiente para asegurar un tratamiento uniforme al suelo.

El arado subsolador, actúa bajo los 30 cm de profundidad y es de gran utilidad para destruir compactaciones naturales o producidas por el tráfico de maquinarias o de animales. También se utiliza con el objeto de mejorar el drenaje, agregando un balín en la bota de este equipo para fabricar galerías subterráneas (arado topo). En este caso, como excepción a la regla, se trabaja sobre el suelo húmedo, puesto que no interesa mayormente soltar o agrietar el suelo, sino que fabricar galerías subterráneas para eliminar el exceso de agua.

La utilización del subsolador sobre un suelo seco produce grietas de variadas longitudes dependiendo del implemento usado, humedad y textura del suelo. Para determinar la distancia de separación entre «pasadas del subsolador», se debe calcular el largo de las grietas mediante el uso de una calicata y dis-





poner la separación entre «pasadas» de tal forma que se crucen.

La profundidad de trabajo correcta del subsolador es también de vital importancia, puesto que si la bota trabaja muy profundo y

no en la zona compactada que se desea agrietar, la labor resulta ineficaz. En atención al intenso tráfico de maquinaria, propio de la agricultura mecanizada moderna, se recomienda subsolar los suelos cada 4 a 5 años.



Arado de cinceles incorporador de rastrojo



Arado de cinceles



Arado subsolador



Arado subsolador
con rodillo y
cultivadores





3.7.2 Equipos para labores superficiales

La función básica de las labores superficiales es preparar la zona de semillas mediante el uso de diversos tipos de implementos. El mullimiento del suelo, la nivelación, el control de las malezas y la compactación necesaria para asegurar un buen establecimiento del cultivo son sus objetivos fundamentales.

La agricultura moderna tiene una amplia gama de equipos para cumplir esta función, entre los que se encuentran las rastras de discos, clavos, resortes, escardillos, vibrocultivadores, rotofresadoras, rotoadores, rastrones niveladores, niveladoras de micro relieve, rodillos y otros.

a) Rastra de discos: Es una herramienta muy común en nuestro medio y ampliamente difundida en toda el área papera. Es utilizada fundamentalmente para mullir el suelo y controlar malezas en la zona de semillas. Existen dos modelos básicos que difieren en la disponibilidad de los discos y los cuerpos del chasis: rastras de discos desplazadas off-set y rastras de discos tandem.

La «eficiencia» de la rastra de discos depende de varios factores:

- peso del equipo
- tamaño, concavidad, filo y ángulo de ataque (traba) de los discos
- velocidad de trabajo
- contenido de humedad del suelo.

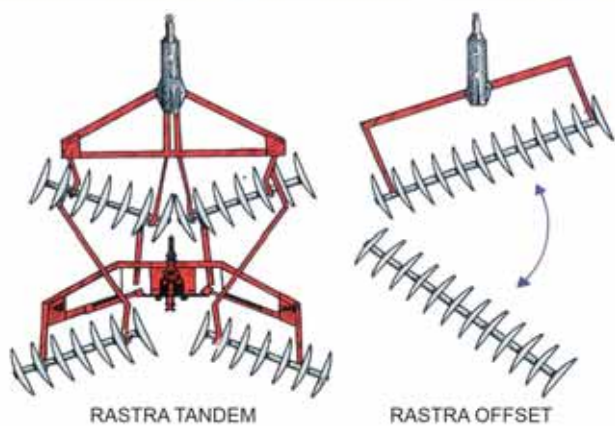
Este equipo actúa cortando franjas angostas de suelo con desplazamiento lateral del mis-

mo para provocar su mullimiento. Además, cortan los residuos vegetales de la cubierta en trozos de tamaño variable, según sean las dimensiones del equipo, condición de suelo y la traba de los cuerpos de la rastra. Con respecto al control de malezas, éste equipo actúa sobre las plántulas recién emergidas, desarraigándolas para que el sol y el viento completen su destrucción. También es posible utilizar este equipo para picar las praderas como labor previa a su incorporación.

Cualquiera sea la finalidad de su uso, es deseable que la rastra de discos actúe al máximo de velocidad permisible y superficialmente para acondicionar la zona de semillas (rastras tandem). La rastra off-set es más eficiente por diseño y peso, razón por la cual se recomienda su uso en labores de mullimiento de suelos pesados y para el picado superficial de los rastros o cubierta vegetal. Con una rastra off-set pesada debidamente trabada actuando sobre un suelo liviano, se puede realizar una labor profunda similar a una aradura que sólo permite soltar el suelo sin invertirlo.

Debe tenerse especial cuidado en evitar el uso exagerado de estos equipos, puesto que su agresividad afecta considerablemente la estructura del suelo, y su naturaleza cortante multiplica las malezas de reproducción asexual, como la chélica, zarzamora y otras. No tiene justificación usar una rastra de discos para lograr el mullimiento deseado, cuando se opera sobre suelos de textura franca de fácil disgregación, por cuanto existen otros equipos de costos operacionales más bajos y de mayor eficiencia y calidad de trabajo, como son las rastras combinadas de clavos y rodillos, vibro-cultivadores y otros.





Rastra offset



Rastra offset de tiro animal



Rastra tandem



Rastra tandem

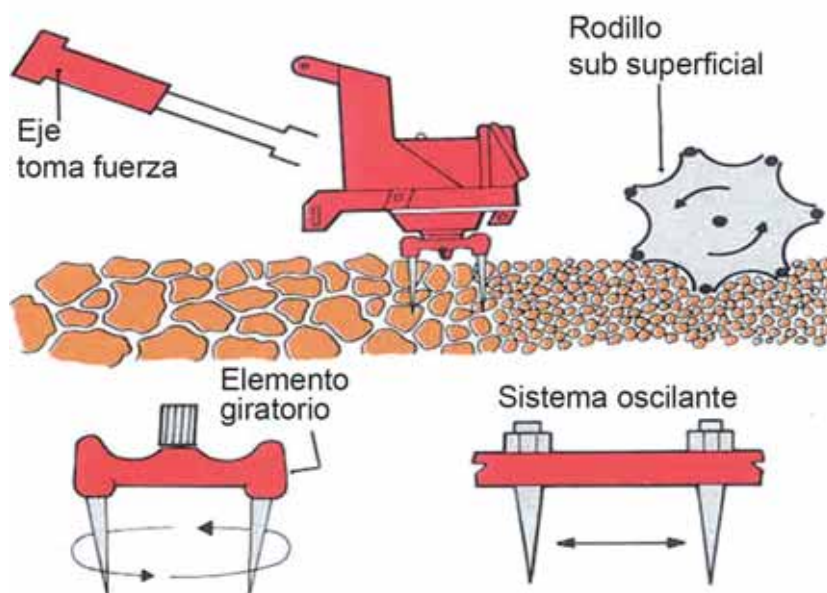


b) Rastras combinadas: Son equipos de gran efectividad para la adecuación de la zona de semillas. Salvo en casos muy justificados, este equipo desplaza a la rastra de discos en toda su amplia gama de trabajos, debido a su costo más barato y rendimiento superior. Su accionar se basa en el principio de mínima labranza que postula la realización de varias labores en una sola operación. Las rastras combinadas se ofrecen en las versiones con resortes o vibrocultivadores y con clavos rígidos. El uso de vibro-cultivadores se recomienda para realizar labores un poco más profundas (10 cm.), en atención a su mayor agresividad, pero ambos modelos cumplen satisfactoriamente con la misión de acondicionar la zona de semillas.

El uso de rastra combinada, al igual que el arado, y como todos los equipos que actúan en la zona de semillas mulliendo el suelo y controlando malezas, consiguen su mayor efectividad cuando se desplazan sobre 8 km/hora, lo que permite una gran capacidad de trabajo. Otro diseño de rastra combinada recientemente incorporada a la agricultura nacional es la **rastra de clavos rotativos** accionada por el eje toma fuerza del tractor.

Existen una gran variedad de diseños de la unidad roturadora, destacándose el sistema de rotor de eje horizontal con clavos o azadas y el de clavos verticales giratorios y oscilantes. La acción mecánica de gran fuerza que se ejerce sobre el suelo, otorga a este equipo condiciones especiales para el mullimiento de terrones y picado de praderas, especialmente bajo condiciones extremas (suelos arcillosos secos y praderas densas y duras). A pesar que es la mejor herramienta disponible para picar las praderas de gramíneas previo a su incorporación con las labores de preparación de suelos, no es conveniente generalizar su uso, puesto que consume bastante energía motriz y somete al tractor a un esfuerzo especial en su sistema de transmisión. No se recomienda utilizar una roto fresadora para mullir suelos de textura liviana que se disgregan fácilmente o para controlar malezas de reproducción por semillas que recién emergen, puesto que una rastra combinada de clavos fijos o resortes y rodillos, puede hacer esa labor a bajo costo y con gran rapidez, sin usar el eje toma fuerza del tractor.

Esquema de retrofresadora de coronas rotativas





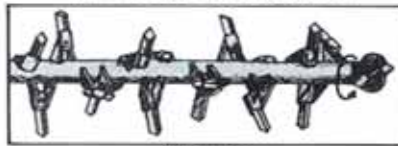
Retrofresadora de coronas rotativas



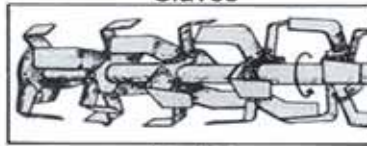
Detalle de coronas rotativas



TIPOS DE ROTORES



Claves



Azadas

Esquema de retrofresadora de rotor horizontal



Retrofresadora de rotor horizontal y cuchillas



Retrofresadora de rotor horizontal y cuchillas





Vibrocultivadores



Detalle de cinceles cultivadores y de rodillos

c) Rastras de resortes, clavos y rodillos:

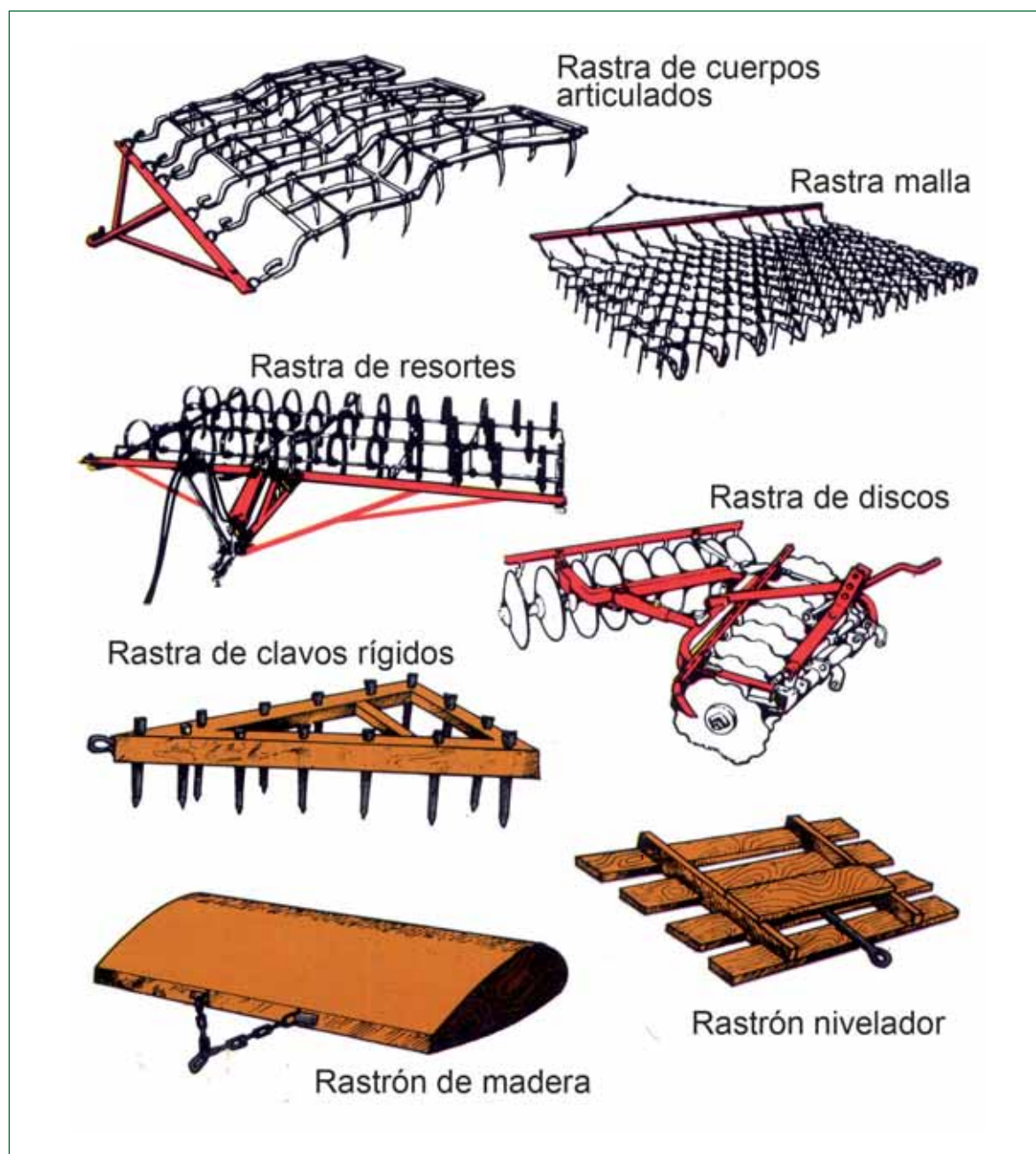
Son también de gran utilidad para afinar la terminación de la cama de semilla. Las dos primeras se usan preferentemente para controlar malezas en germinación en sus primeras etapas de desarrollo. Al igual que las rastras combinadas, es deseable que operen a altas velocidades para obtener un buen mullimiento del suelo y erradicación de malezas. Los rodillos, ya sean lisos o corrugados, de acción superficial o subsuperficial, buscan completar el mullimiento del suelo y compactar la cama de siembra para darle la firmeza que necesita para soportar la unidad sembradora.

El mercado de maquinaria ofrece una gran variedad de equipos para labores superficiales, tanto de tracción motriz como animal que permiten al usuario seleccionar la herramienta en función a su disponibilidad de energía. En cuanto a los tipos de rodillos más usados en nuestro medio, van desde los de madera, los metálicos que pueden ser llenados con agua y los de acción combinada de rodillo pulverizador con doble corrida de rodillos corrugados y una rastra de resortes entre ellos, considerado un excelente equipo para destruir terrones y terminar el afinamiento de la zona de semillas.

d) Niveladoras de micro relieve o rastrones:

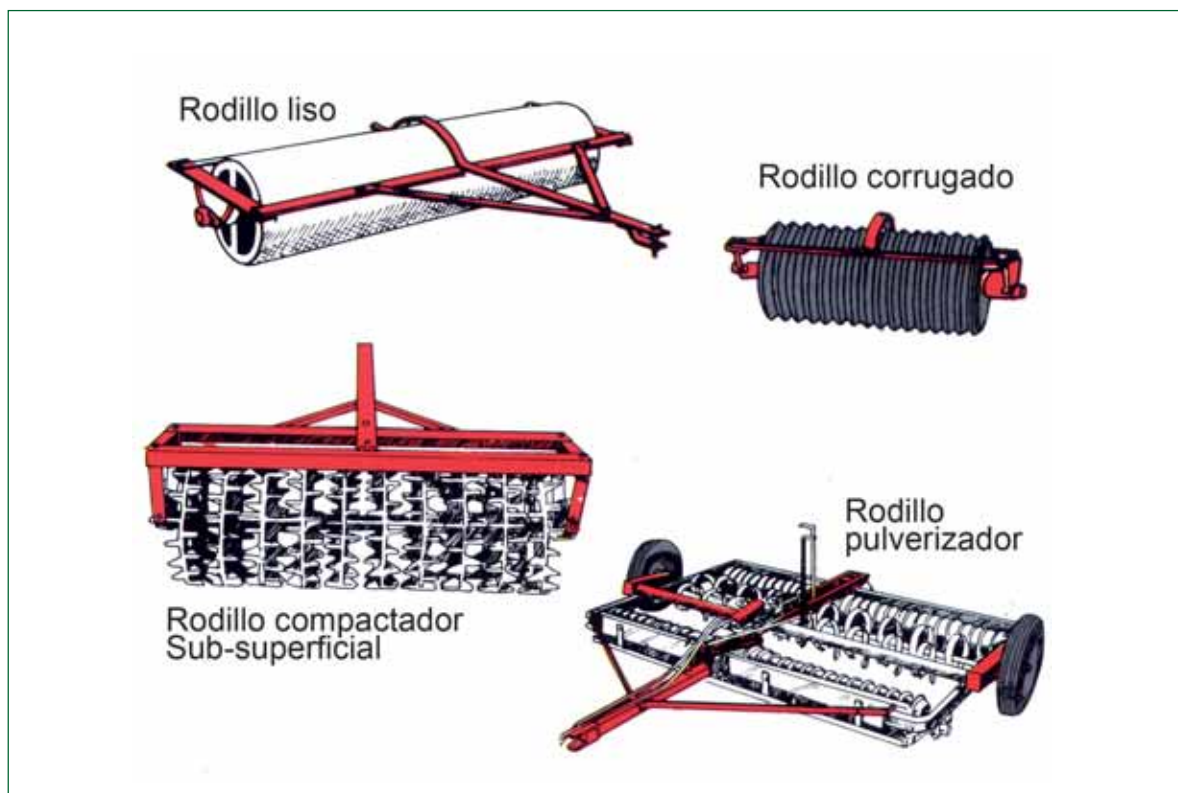
Las niveladoras de micro relieve se utilizan por lo general para dejar el suelo en condiciones que permita siembras de precisión como es el caso de remolacha. En el caso de la siembra de papa se pueden utilizar rieles o rastrones para afinar la cama de semillas al final de la preparación del suelo. Por lo general, se usan después de la plantación para borrar el surco de siembra dejado por la máquina plantadora o para compactar y alisar la superficie del suelo cuando la plantación se realiza manualmente.





Rastras y rastrones de tiro animal





Rodillos compactadores



Rastras de Clavos





3.8 PROBLEMAS ESPECÍFICOS EN PREPARACIÓN DE SUELO

En producción de papa no existen problemas relevantes en la preparación de suelo, que dificulten o afecten el establecimiento del cultivo, aunque las labores de preparación se hayan efectuado con maquinaria simple o de tracción animal. Los problemas por lo general se presentan al momento de efectuar la cosecha mecanizada, en la cual la papa se ensaca; y tiene relación con la formación y presencia de terrones, los que se comportan igual a un tubérculo, por lo cual al realizar una cosecha mecanizada con ensacado, gran parte de éstos pasan al saco, los cuales llegan posteriormente a la bodega.

3.8.1 Suelos arcillosos con tendencia a formación de terrones

a) Factores que favorecen la formación de terrones: La formación de terrones se produce por la pérdida de humedad del suelo y depende de la textura del suelo y de las condiciones climáticas predominantes (viento). Mientras mayor es el contenido de arcilla más difícil es trabajar el suelo y, por consiguiente, preparar una cama de semilla mullida.

Los terrones no existen en forma natural en el suelo, siendo el resultado de una mala labor realizada por el hombre. Las araduras efectuadas sobre suelos arcillosos demasiados húmedos y rastajes inoportunos, aceleran el proceso de secado del suelo, aumentando la superficie de exposición al viento y sol facilitando la formación de terrones.

Es frecuente que los agricultores no inicien sus labores de rastajes para mullir el suelo hasta haber terminado toda la aradura que desean realizar en la temporada. Esto signi-

fica que el suelo arado queda expuesto al viento y el sol por un prolongado período, dando oportunidad a que éste se seque más en la parte expuesta al aire. La labor de rastraje con discos sobre esta condición de suelo separa los bloques secos de los húmedos, dando origen a los terrones, cuyo tamaño depende del contenido de arcilla del suelo y de la nivelación lograda por la aradura. Las araduras con vertedera permiten una inversión más ordenada del terreno, y son menos propensas a la formación de terrones.

La presencia de terrones duros y secos obliga al agricultor a realizar un desmedido número de rastajes con la intención de mullirlos, objetivos que no siempre se consigue, aumentando los costos de labranza y acelerando la pérdida de humedad del suelo.

b) Métodos para evitar la formación de terrones:

- I) Arar y rastrear en el momento oportuno en relación al porcentaje de humedad del suelo utilizando rodillos sub-superficiales detrás del arado para nivelar y ofrecer menos superficie de contacto al viento.
- II) Cuando el suelo está friable, realizar un solo rastraje para conseguir el mullimiento deseado. Se recomienda usar rastras combinadas de clavos y rodillos sub-superficiales inmediatamente después de la aradura.
- III) Usar rastrones de madera y/o rodillos acoplados detrás de una rastra de discos para «planchar» el suelo y evitar la pérdida de humedad.





La oportunidad de los rastrajes en relación al contenido de humedad del suelo es fundamental para evitar la formación de terrones.

c) Métodos para destruir terrones sobre suelos secos en toda la capa arable

- I) Regar: Devolver la humedad perdida al terrón para llevarlo a un nivel friable fácil de mullir mediante riego artificial. Este método, sin embargo, retarda el cultivo y aumenta el número de labores de preparación de suelo, puesto que resulta inevitable volver a arar el suelo para soltarlo y destruir la compactación producida con el riego.
- II) Mullir el terrón seco mediante el impacto de equipos moto propulsados, por ejemplo, el rototiller o arados rotativos.
- III) Presión ejercida sobre los terrones secos por un equipo de nivelación o rodón. Este último caso ha dado excelentes resultados empleando la combinación niveladora - arado cincel sobre suelos secos muy arcillosos. También en los casos anteriores, es adecuado usar arado cincel después del riego o de la pasada del rototiller, a fin de profundizar y soltar el suelo.

d) Métodos para destruir terrones sobre suelos secos en la capa superficial (8-10 cm) y húmedos en la base.

- I) En caso de no existir humedad en los primeros centímetros del suelo, existiendo humedad suficiente en las estratas inferiores de éste, se puede rodonar para introducir los terrones en la zona húmeda y luego rastrearlo, cuando los terrones se

hayan impregnado de humedad suficiente para recuperar la condición friable.

- II) También es posible recurrir a la «cruza» para sacar suelo húmedo a la superficie y poder mullirlo con posterioridad, mediante rastrajes superficiales.

En síntesis, es importante realizar la labor de rastraje en forma oportuna, que posteriormente mullirá el suelo en base a un alto número de labores, dado que esto implica un mal uso de equipos y altos costos operacionales de los mismos.

3.8.2 Suelos con alto grado de infestación de malezas de reproducción por semillas

a) Contaminación del suelo con semillas de malezas: Es prácticamente imposible eliminar el problema de malezas de reproducción por semillas mediante la aplicación de métodos mecánicos de labranza, debido a la permanente infestación de nuevas semillas de malezas traídas por el viento, agua de riego y animales. La preparación de suelos sólo pretende retardar el desarrollo de las malezas para dar una ventaja de crecimiento al cultivo que se va a establecer.

Las malezas que semillan en los rastros abandonados y las transportadas por el agua de riego, son las únicas posibles de controlar por el hombre, dado que se encuentran depositadas en la superficie del suelo y son enterradas con la araduras y distribuidas uniformemente en todo el perfil arable.

No obstante estar contaminado todo el perfil de la cama de siembra, sólo las semillas que están en los primeros centímetros pueden germinar y el resto espera estratificada su oportunidad de germinar. La semilla puede conservar su poder germinativo por varias





temporadas mientras no se den las condiciones para que se active.

b) Medidas para controlar contaminación de malezas

- I) Utilizar rotaciones culturales adecuadas con el propósito de crear ambientes desfavorables al desarrollo de las malezas.
- II) Procesar, con equipo desbrozador, los rastros inmediatamente después de terminada la cosecha y repetir la operación las veces que sea necesario, para evitar que las malezas semillen.

c) Oportunidad para controlar malezas en germinación: Las semillas de malezas presentes en la superficie se activan con la humedad y temperatura del suelo, fenómeno que ocurre cuando se prepara esta zona para el cultivo. Una vez activada la germinación de las malezas el proceso es irreversible, vale decir, a partir de ese instante la situación puede ser controlable.

Siendo más fácil controlar la maleza cuando está germinada o recién emergida; es aconsejable hacer una labor de nivelación 10 días antes de la siembra para provocar la germinación de las semillas de malezas, con el efecto de compactación y mullimiento de este equipo.

La humedad del suelo también posee gran influencia en la eficacia del control de malezas efectuado por un rastraje. Si el suelo está muy húmedo o llueve posteriormente al rastraje la acción se anula, ya que las raíces de las malezas desarraigadas vuelven a su posición inicial. Si el suelo está seco no tiene sentido realizar rastrajes puesto que las semillas aún no se han activado.

d) Métodos de control de malezas con labores de rastraje: El control de malezas efectuado por los diferentes tipos de rastras citadas anteriormente, consiste en arrancar las plántulas y dejar sus raíces desnudas expuestas a la acción del sol y el viento para su destrucción definitiva. Es un error pensar que la misión de estos equipos es triturar o picar las malezas, destruyéndolas a golpes. De lo anterior se desprende la importancia de rastrear en el momento oportuno de crecimiento y humedad, para obtener un control exitoso.

Cada movimiento del suelo saca nuevas semillas de malezas a las capas superficiales dejándolas en condiciones de germinar, por lo que es recomendable realizar las labores de preparación de suelo de mayor a menor profundidad, en relación al control de malezas en germinación. No tiene objeto realizar una labor profunda posterior a rastrajes superficiales que tienen la misión de controlar las semillas de malezas germinadas en la superficie, puesto que dicha labor depositará nuevas semillas de malezas traídas de capas inferiores, anulando la acción del control anterior.

Es recomendable arar una sola vez y realizar bien la labor, para evitar una cruz que tendría el efecto de anular el control de malezas en germinación realizado por los rastrajes. Posterior a esta aradura y cuando la humedad del suelo sea aconsejable, se deben administrar rastrajes cada vez más superficiales, utilizando preferentemente rastras combinadas de clavos y resortes, de gran eficiencia y rendimiento. Desde el punto de vista del control de malezas en germinación, no debe aplicarse un rastraje tras otro, puesto que es necesario dar tiempo a las semillas de malezas que quedaron ubicadas en posición favorable para germinar.





3.8.3 Suelos con praderas

Es frecuente encontrar camas de siembra con gran cantidad de residuos de la empastada en su superficie, lo que dificulta la operación de la máquina sembradora. Este problema se origina al romper directamente la pradera con arado de disco y distribuir en todo el perfil residuos o champas de pasto. A partir de ese momento el problema de las champas está fuera de control, puesto que una nueva aradura para enterrar los residuos de la superficie, puede sacar los que ya están enterrados.

No obstante el número de rastros aplicados después de la aradura, las champas permanecerán en el perfil fundamentalmente por dos razones:

- a. La rastra necesita una superficie dura contra la que golpear el pasto para cortarlo en pequeños trozos y el suelo suelto, removido por la aradura, hará de amortiguador impidiendo que se consiga ese objetivo.
- b. La descomposición de la materia orgánica es muy lenta en el sur, donde es típico este problema, de tal modo que los residuos perduran varios meses sin descomponerse.

En el caso de praderas naturales resulta conveniente triturar superficialmente las malezas con rastra de disco, rototiller, o roto fresadoras, exponerlas a la acción del sol y viento durante unos días, para luego incorporarlas con una labor de aradura profunda. Se recomienda hacer estas labores a fines de verano. La labor de aradura puede ser reemplazada por el uso de barbecho químico.

Los rastros deben ser practicados superficialmente en los primeros 8 cm del suelo, de modo de tener siempre una superficie dura contra la que golpear, para conseguir un mejor picado de la champa. En el caso de utilizar una rastra de discos tándem, que es más efectiva que la rastra offset para esta faena, se debe regular con poco ángulo de ataque (traba) y proceder a realizar la labor 2 a 3 veces, pasando en sentido cruzado. De igual modo, ésta puede reemplazarse por un vibro cultivador que puede ser más eficiente y rápido. Las pasadas de rastra se deben espaciar entre sí para permitir la acción del viento y sol sobre los residuos.

Para la incorporación posterior del material picado es preferible utilizar un arado de discos, en atención a que invierte muy bien el suelo cuando está suelto y sin el amarre de la masa radicular de la empastada.

3.8.4 Suelos con malezas de reproducción vegetativa

Para preparar suelos que presentan una cubierta vegetal con malezas de reproducción vegetativa como la chéptica, pasto cebolla, milenrama, entre otras; se debe ser muy cuidadoso en la selección de los implementos de labranza, puesto que los discos y rastras rotativas trozan las raíces, diseminando las malezas que se multiplican con mucha facilidad. En estos casos, se recomienda el uso de herramientas como el arado de vertederas y la rastra de clavos y resortes que desarraigan la chéptica. El barbecho químico con uso de Glifosato (Roundup, Rango) es una muy buena alternativa en esta situación puesto que controla eficientemente las malezas gramíneas. Cuando existen malezas de hoja ancha de mayor complicación se puede mezclar Glifosato con 2,4-D (amina o ester), Ally, Ajax, Aliado, Tordon 24-K, MCPA.





3.8.5 Suelos con compactación tipo «pie de arado»

La compactación producida por la acción repetitiva de un arado que trabaja siempre a una misma profundidad, crea problemas importantes a los cultivos. Es recomendable, realizar una labor de subsolado por lo menos una vez cada 5 años a los suelos sometidos a intenso trabajo de maquinaria y/o con animales en pastoreo directo. Del mismo modo, el paso permanente del arado cincel debe solucionar en gran medida este problema, siempre que la aradura se realice sobre suelo seco y a la velocidad recomendada por su fabricante. El método aprovecha la característica de funcionamiento del arado cincel que no altera el perfil de suelo, para invertir el proceso tradicional de arar primero y luego rastrear.

Se pica el residuo, se entierra y se rastrea la zona de semillas, para luego cincelar a profundidad, aprovechando que los primeros centímetros, están sueltos y ofrecen menos resistencia al implemento. Otro aspecto interesante propuesto en este método, es el reemplazo de la rastra de disco por el rastrón nivelador, que hace un excelente trabajo de afinamiento.

3.8.6 Sobre suelos con rastrojo en la superficie

El trozar el residuo antes de arar siempre es un buen método porque aprovecha el recurso en favor del suelo y facilita la inversión del arado. El no procesar los residuos complica el accionar del arado y quedan restos del rastrojo en la superficie.

3.9 ORGANIZACIÓN DE FAENAS MECANIZADAS DE LABRANZA

Uno de los típicos problemas que deben enfrentar los agricultores que desean iniciar la preparación de una cama de plantación, es la elección del sentido o dirección de trabajo. Deben considerarse varios factores para resolver este problema, entre los que destacan: la conservación y protección del suelo, la capacidad de trabajo o rendimiento de los equipos y la calidad de la faena realizada.

3.9.1 Factores que determinan la dirección del trabajo

a) Conservación del suelo y la dirección de trabajo: Al ser removido el suelo por los implementos de labranza, éste eventualmente puede ser arrastrado por el agua de lluvia o de riego, y perderse por erosión. Si la aradura con discos o vertederas u otra labor que deje surcos en el sentido de la dirección de trabajo, se realiza en suelos con pendiente pronunciada, se debe elegir la orientación de las curvas de nivel o el sentido de la menor pendiente. De este modo se evita que el agua de lluvia baje a gran velocidad por los surcos arrastrando el suelo y formando grietas casi imposibles de recuperar. Además, el tractor u animales de tiro tienen mayor dificultad para trabajar contra la pendiente (en subida).

b) Dirección de trabajo y rendimiento de los equipos: La capacidad de trabajo de un equipo, o el tiempo que demore éste en cubrir una superficie determinada, se mide en horas por hectárea o hectáreas por hora. La capacidad de trabajo depende de la velocidad, ancho de trabajo y tiempo perdido en acciones no productivas, tales como dar vueltas en los cabezales del potrero con el implemento levantado.





Este último factor que se llama también **eficiencia de campo**, incide en el rendimiento final del equipo, dado que el ancho y velocidad de trabajo deben mantenerse fijos en función a la potencia del tractor. Desde el punto de vista de la capacidad de trabajo, para evitar el tiempo perdido por concepto de vueltas con el implemento levantado, se deben orientar las faenas en el sentido de la mayor longitud del potrero. Otra técnica que evita pérdida excesiva de tiempo en los extremos del potrero, es dejar cabezales amplios para permitir el giro del tractor sin recurrir al cambio de marcha ni uso del embrague, e impedir el deterioro innecesario del sistema de transmisión. También pueden dejarse cabezales y laterales amplios, de igual medida, a objeto de cerrar posteriormente la faena circulando en torno al terreno trabajado. Este método se presta principalmente para aradura con discos o vertederas, y para rastrajes con offset.

c) Dirección de trabajo y calidad de la labor

Aradura: Cuando esta faena se realiza con arado cincel, que no produce desniveles en el terreno por su condición simétrica, la calidad de ésta no se afecta mayormente con la dirección del trabajo. No ocurre lo mismo con el arado de discos y vertederas que requieren de un método para no producir desniveles en la superficie. La cruz que corresponde a una segunda aradura para rectificar o aumentar la profundidad de la cama de siembra, es recomendable aplicarla en dirección perpendicular a la primera, con el propósito de lograr una mejor penetración del arado, siempre que se realice entre ambas labores, un rastraje para mejorar la nivelación superficial del terreno. El arado subsolador se debe

utilizar preferentemente en el «sentido» de la mayor longitud de terreno para mejorar el rendimiento. Sin embargo, es recomendable utilizarlo en sentido de la pendiente cuando su función es mejorar el drenaje de un suelo plano.

Rastraje: Como su función es mullir y emparejar el suelo, es conveniente aplicarlo en dirección de 45 grados a la línea de aradura; de esta forma se evita que las ruedas del tractor caigan simultáneamente dentro de los surcos atravesados, lo que provoca movimientos bruscos que perjudican la comodidad del operador y conservación de la máquina. Además, se consigue un mejor efecto nivelador que cuando se opera en cualquiera otra dirección de trabajo. Las rastras combinadas y rodillos pueden ser usados en cualquier dirección puesto que esto no influye en la calidad de su trabajo, siendo más importante en estos casos, el rendimiento del equipo y la velocidad de desplazamiento.

Nivelación: La nivelación de un suelo previamente arado y rastreado, requiere por lo general de 2 a 3 pasadas con el equipo para conseguir una aceptable corrección del micro relieve.

3.9.2 Reducción de la labranza

El cultivo de la papa se ha caracterizado por el uso excesivo de labores de preparación de suelo, principalmente con sistemas tradicionales que implicaban el uso de arado de vertedera o de disco y la práctica de cruz y recruza.

Ensayos realizados en las década del 70 y 80 por INIA Carillanca y la Universidad Austral de Chile indicaron que era factible redu-





cir el número de labores de preparación de suelo sin afectar los rendimientos del cultivo. En la actualidad se llegado a una reducción tal, que con sólo una labor de rotofresador

con púas de 35 cm, permite dejar el suelo en condiciones para efectuar la plantación de las papas.



Preparación de suelo en papa con reducción de labranza





Tabla1. Sistemas de preparación de suelos para el cultivo de papa. INIA Carillanca

Nº	Operación	Requerimiento hr/ha	Profundidad de arado cm.	Control malezas *	Rendimiento Ton/ha
1	Arado vertedera 5 rastra de disco 2 rastra de clavos	10.8	20	3	14.0
2	Arado vertedera rodillo 2 rastra (disco+clavo)	6.0	30	7	19.0
3	Arado disco rastra disco Arado disco rastra de clavos	8.0	30	5	15.1
4	Arado disco Rodillo rastra disco 2 rastra de clavos	6.5	25	7	16.3
5	2 rastra disco Arado vertederas rastra discos rastra clavos	7.3	25	6	15.5
6	2 rastra disco Arado disco rastra disco rastra de clavos	7.0	30	6	15.8
7	Arado rotativo Arado disco Rodillo rastra disco rastra de clavos	8.5	20	4	16.4
8	Arado rotativo Arado disco rastra disco rastra de clavos	7.5	25	0.5	14.7
9	Siembra simultánea a la aradura con A. vertedera + Rodillo	3.0	20	0	10.3

INIA Carillanca

(*) Grado de control:

0= menor control

10= Control total





Tabla 2. Sistemas de preparación de suelos para el cultivo de papa. Universidad Austral

Nº	Operación	Requerimiento hr/ha	Requerimiento mano obra hr/ha	Rendimiento Ton/ha
1	• 4 rastra de disco • Arado vertedera • Rastra de disco • Rastra de disco + rastrón de palo • Surcado con melgador + siembra y fertilización	10.3	770	20.8
2	• 3 rastra de disco • Arado vertedera • Surcado con melgador + siembra y fertilización	7.3	767	22.1
3	• 3 rastra de disco • Arado vertedera con siembra y fertilización simultánea	6.8	728	24.2
4	1 aplicación de herbicida (paraquat) + 1 arado vertedera con siembra y fertilización simultánea + rodillo	5.2	1.231	18.1
5	1 Arado vertedera con siembra y fertilización simultánea + rodillo	4.6	1.231	16.4

Contreras, A Universidad Austral s.f.

Bibliografía







IV. FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO DE LA PAPA

Juan Inostroza F.
INIA Carillanca

Los principios de la nutrición mineral de los cultivos fueron establecidos por el químico alemán Justus von Liebig a mediados del siglo XIX, quien definió el fenómeno conocido como la «Ley del mínimo», según el cual el grado de crecimiento de la planta está regulado por el factor que está presente en menor cantidad. De acuerdo a la interpretación de la ley del mínimo, los rendimientos estaban en relación directa al factor limitante, hasta el punto en que este se hacía favorable y otro factor se manifestaba como limitante. Los principios enunciados por Liebig, así como los trabajos proseguidos en la misma época por Boussingault, en Francia, y por J.B. Lawes en Inglaterra, tuvieron una influencia considerable sobre el desarrollo de la agricultura moderna.

Posteriormente se concluyó que existía un balance armónico entre los diferentes nutrientes o factores limitantes y que el mayor aumento de rendimiento solo se obtenía mejorando todos los factores que lo limitaban seriamente. En este caso era necesario trabajar con dos o más factores (nutrientes) para lograr rendimientos máximos.

4.1 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.

Para comprender la productividad del suelo, se debe reconocer las relaciones suelo-planta existente. Algunos de los factores externos que controlan el crecimiento de las plantas son: aire, calor (temperatura), luz, soporte mecánico, nutrientes y agua. La planta depende del suelo en forma total o parcial para el suministro normal de éstos, con excepción de la luz. Cada uno de ellos afecta en forma directa el crecimiento de la planta y además se relacionan entre sí. 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 afectarán la temperatura de éste. La disponibilidad de los nutrientes está afectada por el balance existente entre el agua y suelo y la temperatura de éste. El crecimiento radicular también es influenciado por la temperatura, aire y agua del suelo.

4.2 NUTRIENTES ESENCIALES PARA LAS PLANTAS

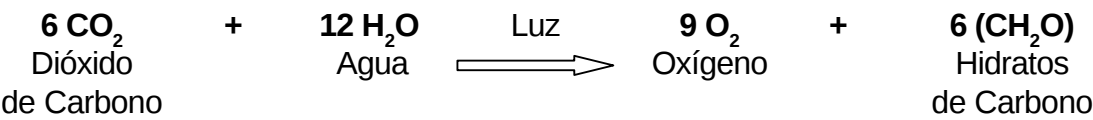
Se conocen 16 elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas, divididos en dos grupos principales; no minerales y minerales.





4.2.1 NUTRIENTES NO MINERALES.

Corresponden a carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Estos nutrientes se encuentran en la atmósfera y en el agua y son utilizados en la fotosíntesis en la siguiente forma:



Los productos de la fotosíntesis son los responsables de la mayor parte del aumento en crecimiento de las plantas. Cantidades insuficiente de dióxido de carbono, agua o luz reducen el crecimiento de ellos. La cantidad de agua utilizada en la fotosíntesis es tan pequeña que las plantas mostrarán primero síntomas de carencia de agua antes de que dicho elemento sea lo suficientemente escaso como para afectar la tasa de la fotosíntesis.

4.2.2 NUTRIENTES MINERALES.

Corresponden a 13 elementos que provienen del suelo y se dividen en tres grupos: primarios, secundarios y micronutrientes.

Nutrientes primarios

Nitrógeno (N) Fósforo (P) Potasio (K)

Por lo general son los primeros en carecer en el suelo puesto que las plantas lo utilizan en cantidades relativamente altas.

Nutrientes secundarios

Calcio (Ca)
 Magnesio (Mg)
 Azufre (S)

Micronutrientes

Boro	(B)	Molibdeno	(Mo)
Cloro	(Cl)	Zinc	(Zn)
Cobre	(Cu)	Hierro	(Fe)
Manganeso	(Mn)		

La carencia de nutrientes secundarios y micronutrientes es menos frecuente, pues las plantas los utilizan en menor cantidad. Sin embargo, éstos son **tan importantes** como los primarios para una fertilización adecuada de ellas.

El conocimiento de la composición mineral de las plantas permite determinar la extracción por las cosechas, lo que relacionado con la información del análisis químico del suelo permite efectuar fertilizaciones conducentes a aumentar la productividad de éstas.

En el cuadro 1 es posible apreciar las cantidades de minerales absorbidos para un rendimiento medio de distintos cultivos en una misma condición de suelo.





Cuadro 1. Elementos extraídos por las cosechas (kg/ha)

Nutriente	Trigo 35 qq/m	Avena 30 qq/m	Centeno 30 qq/m	Arroz 4 ton	Maíz grano 50 qq/m	Maíz Forrajero 50 ton.
N	95	85	95	55	110	110
P ₂ O ₅	45	40	40	35	45	50
SO ₃	30	25	25	15	30	50
K ₂ O	120	110	100	50	90	120
CaO	35	30	30	35	25	45
MgO	15	10	10	18	25	

	Papa 30 ton	Remolacha azucarera 40 ton.	Tomate 20 ton	Espárragos 7 ton	Raps 30 qq/m	Alfalfa 70 qq/m heno
N	130	180	100	65	140	180
P ₂ O ₅	55	70	35	15	70	70
SO ₃	20	35	25	20	170	35
K ₂ O	250	250	200	65	230	250
CaO	125	60	93	25	200	60
MgO	25		15	55	20	

Fuente: Demolon, 1966.

4.3 ROL DE LOS NUTRIENTES EN LA PLANTA

Las cifras antes señaladas muestran un orden de magnitud entre las diferentes variaciones que pueden mostrar los cultivos. Es necesario señalar que desde el punto de vista cuantitativo, las exigencias nutricionales de los cultivos, se relacionan con los rendimientos a alcanzar. Del cuadro anterior se puede observar que la relación media de los tres elementos N, P y K es de 1, 0.5 y 1.2, pero con un margen de variación importante. En el caso de papa, esta relación es de 1: 0,4 : 1,9. Trabajos realizados por Miguel Fernández en INIA Carillanca y Remehue, señala una relación 1: 0,4 : 1,6.

Existe un grupo de elementos que tienen el rol de formar las estructuras de las plantas. Ellos son el Carbono, Hidrógeno y Oxígeno (**C,H,O**), base de toda estructura orgánica, a los que se agregan otros elementos tales como : Nitrógeno (**N**), que participa en la estructura de la molécula proteica, en la formación de aminoácidos, ácidos nucleicos y coenzimas; Fósforo (**P**), elemento de vital importancia en el proceso de transferencia energética dentro de la planta en forma de adenosín-trifosfato (ATP) y como elemento constituyente de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, coenzimas y ésteres fosfatados; Azufre (**S**), que forma parte de la estructura de





las proteínas como parte integrante de los aminoácidos azufrados, así como de algunas vitaminas y coenzimas y finalmente Calcio (**Ca**), que se encuentra en la unión de las paredes celulares en forma de pectato de calcio, es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas.

En términos generales se puede señalar que del contenido total de materia orgánica de las plantas, el carbono representa del 48% a 50%; el hidrógeno el 6% a 7%, el oxígeno el 41% a 43% y el nitrógeno el 1,4% a 1,6%, y a pequeñas cantidades de azufre, fósforo y calcio.

Otro grupo de elementos tienen un rol a nivel de enzimas, ya sea participando como ligantes en los quelatos, Cobre, Magnesio, Sodio, Hierro, Manganeseo, Zinc, Molibdeno, Calcio (**Cu, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Mo, Ca**), siendo un ejemplo típico la formación de la molécula de clorofila con **Mg** como ligante; o bien, desempeñando el papel de activadores enzimáticos, entre los que se encuentran el Boro, Magnesio, Cloro, Manganeseo, Potasio, Hierro, Calcio, Zinc y Cobre (**B, Mg, Cl, Mn, K, Fe, Ca, Zn y Cu**). El manganeso es un factor esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno; el cobre es parte importante de los coenzimas; el zinc, participa en el metabolismo de las plantas como activador de diversas enzimas que actúan en la descomposición del ácido carbónico, en el transporte del fosfato, y en la síntesis de proteínas; a su vez, el molibdeno participa en la fijación simbiótica del nitrógeno y en la asimilación de nitratos.

Por último, existen roles específicos para algunos elementos, como el **B**, en la germinación y crecimiento de los tubos polínicos y en el transporte de azúcares. El **K**, elemento fundamental del componente osmótico, principalmente en tejidos especializados como

son las células de guarda de los estomas, y como activador del metabolismo proteico. El **Ca**, de importancia en el crecimiento del tubo polínico y el **Fe**, que estimula una tuberización temprana y, por el contrario, altas concentraciones de fertilizantes especialmente **N**, favorecen el desarrollo de un abundante follaje, retardando la formación de tubérculos. La persistencia de una superficie foliar activa durante un largo período de tiempo, es capaz de sostener un crecimiento constante de los tubérculos, asegurando así un alto rendimiento del cultivo.

La mayor parte de los tubérculos que se desarrollarán hasta tamaño comercial aparecen en un período aproximado de dos semanas luego de iniciada la formación de estolones. Su ritmo de crecimiento, a partir de entonces, es de tipo exponencial durante las primeras tres semanas, el que más adelante es casi lineal o constante. En esta fase se produce un descenso en la producción de follaje y hay un aumento gradual de la senescencia de las hojas basales o más viejas, a causa de una traslocación de **N, P y K** desde el follaje a los tubérculos, los que, por consiguiente, aumentan su peso seco.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia que reviste la producción de una gran área foliar previo a la tuberización para lograr altos rendimientos. Esta condición se favorece con tubérculos-semilla mantenidos en latencia hasta la plantación; la que debe hacerse en un suelo con suficiente humedad y usando una buena fertilización, especialmente nitrógeno. Por el contrario, una producción temprana se puede lograr con tubérculos-semillas prebrotados, de brotes bien desarrollados y usando una menor fertilización nitrogenada para obtener un área foliar más reducida y acelerar así la tuberización.





4.4 EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES POR 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 el cultivo, 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 éstos diferente de un suelo a otro. La mejor forma de establecer un diagnóstico de la fertilidad de los potreros es mediante un adecuado muestreo de los suelos y posterior análisis completo de fertilidad del mismo, todo ello asociado con una óptima interpretación de estos análisis.

Cuadro 2. Extracción de algunos nutrientes por el cultivo de papa

Tubérculos Ton/ha	N	P ₂ O ₅	Kg / ha de				Referencia
			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	26		Tisdale y Nelson, 1975.
Follaje	168	90	296	13	1		
Tubérculos	114	38	100	22	13		

t = tubérculo ; f = follaje
Fuente: citado por Contreras, A. 1991





En la literatura se señala una diferente extracción de nutrientes, dependiendo del autor en referencia, esto se debe a los diferentes ambientes de estudio y a 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 unidades de K_2O , luego sigue nitrógeno 108 a 288 U. de N y finalmente el fósforo con 43 a 128 U. de P_2O_5 . En las condiciones de siembra de la región de la Araucanía el nutriente más utilizado es el fósforo debido fundamentalmente a los problemas de fijación de este 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.

4.5 ESTIMACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN

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

4.5.1 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. La extracción del nutriente por el cultivo fluctúa entre los 96 y 120 kg/ha.

El nitrógeno es uno de los elementos más difícil de precisar en cuanto a su dosificación, debido a que el suministro de este 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 solo 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 el Centro Regional INIA Carillanca señalaban respuesta a la fertilización nitrogenada con dosis de 100 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, lo cual producía rendimientos bajos (15 a 20 ton/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 la Centro Regional INIA Remehue señalan rendimientos más altos con niveles de 100 U/ha de nitrógeno. La variedad utilizada fue Arka y se obtuvo una población promedio de 40.000 plantas/ha.





Cuadro 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento total, comercial y de semilla de papa.

Fertilización	RENDIMIENTO (Ton/ha)		
	Total	Semilla	Comercial
N 0	41,8	27,5	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 esta 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.

Cuadro 4. Estimación de la fertilización nitrogenada según manejo y tipo de suelo y rendimiento esperado.

TIPO DE SUELO Y SU MANEJO	Rendimiento esperado Ton / ha			
	25	35	45	55
	Dosis de nitrógeno kg / ha			
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 3 años.	40	60	75	140

Fuente: Carlos Sierra B. 1993.

Cuadro 5. Estimación de la fertilización nitrogenada bajo condiciones de riego.

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

Fuente: Hernán Pinilla Q. 2009





La fertilización nitrogenada del cultivo varía de acuerdo al manejo y tipo de suelo (cuadro 4). 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 (borde costero), es necesario aumentar las dosis de nitrógeno. Sin embargo, dosis muy altas de nitrógeno en área de suelos rojos arcillosos sin riego pueden producir un efecto depresivo sobre la calidad de los tubérculos y retardar la madurez y cosecha.

El nitrógeno en dosis medias y bajas debe aplicarse todo a 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 mayores 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 responden la papa, son las nítricas más amoniacales; es el caso de 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.

4.5.2 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.

Cuadro 6

Exportación de fósforo por algunas plantas	P ₂ O ₅ Total exportado (kg)
Cereales (por qqm de grano y paja)	0,9 a 1,6
Remolacha Azucarera (por ton. de raíces y hojas)	1,2 a 1,8
Papa (por ton de tubérculo)	1,2 a 1,9





La omisión de la fertilización fosfatada puede disminuir el rendimiento de papa entre un 30 a 50% los rendimientos en papa.

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 este 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).

Cuadro 7. Estimación de la fertilización fosfatada en suelos trumaos según diferente disponibilidad de fósforo y rendimiento esperado.

Nivel de P - OLSEN	Rendimiento esperado ton / ha			
	25	35	45	55
Ppm	Dosis de P ₂ O ₅ kg / ha			
5	200	330	460	600
10	100	200	360	470
15	80	120	250	350
20	60	70	150	240
25	50	60	100	140

Nota: Usar la tabla con valores de pH entre 5,4 y 6,5
Fuente: Carlos Sierra B. 1993.

Cuadro 8. Estimación de la fertilización fosfatada en suelos rojos arcillosos según diferente disponibilidad de fósforo y rendimiento esperado.

Nivel de P - OLSEN	Rendimiento esperado ton / ha			
	25	35	45	55
Ppm	Dosis de P ₂ O ₅ kg / ha			
5	160	250	360	440
10	90	170	280	360
15	70	110	200	280
20	50	75	110	190
25	40	60	70	110

Fuente: Carlos Sierra B. 1993.





Cuadro 9. Estimación de la fertilización fosfatada en suelos rojos arcillosos según diferente disponibilidad de fósforo y rendimiento esperado.

Nivel de P - OLSEN	Rendimiento esperado ton / ha				
	15	25	35	45	55
Ppm	Dosis de P ₂ O ₅ kg / ha				
2	100	175	250	325	400
4	50	125	200	275	350
6	25	75	150	225	300
8	25	25	100	175	250
10	25	25	175	125	200
12	25	25	50	150	250
16	25	25	25	100	200
20	25	25	25	50	150

Fuente, Rodríguez, 1995

Cuadro 10. Estimación de la fertilización fosfatada en suelos Trumao según diferente disponibilidad de fósforo y rendimiento esperado.

Nivel de P - OLSEN	Rendimiento esperado ton / ha				
	15	25	35	45	55
Ppm	Dosis de P ₂ O ₅ kg / ha				
2	150	300	450	600	750
4	75	225	375	525	675
6	25	150	300	450	600
8	25	75	225	375	525
10	25	25	150	300	450
12	25	25	75	225	375
16	25	25	25	150	300
20	25	25	25	75	225

Fuente, Rodríguez, 1995





Cuadro 11. Estimación de la fertilización fosfatada en suelos de secano costero según diferente disponibilidad de fósforo y rendimiento esperado.

Nivel de P - OLSEN	Rendimiento esperado ton / ha				
	15	25	35	45	55
Ppm	Dosis de P ₂ O ₅ kg / ha				
2	100	175	250	325	400
4	50	125	200	275	350
6	25	75	150	225	300
8	25	25	100	175	250
10	25	25	50	125	200
12	25	25	25	75	150
16	25	25	25	50	100
20	25	25	25	50	50

Fuente, Rodríguez, 1995

Cuadro 12. Estimación de la fertilización fosfatada bajo condiciones de riego

Rendimiento Esperado ton/há	Disponibilidad de P Olsen (mg/kg)		
	8	12	16
60	330	230	130
70	420	320	220
80	510	410	310
90	600	500	400

Fuente: Hernan Pinilla Q. 2009

4.5.3 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 proteína 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. 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. Según los autores, 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 K_2O .

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 que extrae alrededor de 0,4 kg. de K_2O 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 potasio debe aplicarse en dosis altas cuando su disponibilidad en el suelo es muy baja y se pretende cosechar altos rendimientos. Cuando el rendimiento esperado es bajo, y el nivel del suelo es alto, el cultivo puede no requerir fertilización potásica. Sin embargo, se debe aplicar una fertilización de mantención del elemento para evitar una pérdida de fertilidad.

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 en 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, 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





encalado 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 K_2O 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 este ocurre casi a la par con la formación de materia seca, siendo más rápida al principio del período vegetativo, continuando más allá del período de mayor crecimiento y llegando a la cosecha.

Cuadro 13. Exportaciones medias de K_2O por algunas plantas de cultivo (por qqm de grano o ton. 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.

Los resultados demuestran que las raíces y tubérculos son más exigentes en potasio (cuadro 13).

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 siempre 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.

Deficiencia de potasio.

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

Los síntomas de deficiencia en la papa se manifiestan en anomalías en la pigmentación de las hojas, las que inicialmente son de un color verde oscuro, luego adquieren de 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.

Cuadro 14. Fertilización estimada de Potasio en suelos Trumaos según diferente disponibilidad de Potasio inicial y diferente rendimiento esperado.

Potasio Disponible	Rendimiento esperado ton / ha			
	25	35	45	55
ppm	Dosis de K ₂ O kg / ha			
50	140	250	360	460
100	100	140	250	350
150	80	120	160	240
200	60	100	120	180
250	50	80	100	120

Fuente: Carlos Sierra B. 1993.

Cuadro 15. Estimación de la fertilización potásica en suelos trumaos y rojos arcillosos según diferente disponibilidad de potasio en el suelo y rendimiento esperado.

Indice de suministro K-intercambio (ppm)	Rendimiento esperado ton / ha				
	15	30	35	40	45
Ppm	Dosis de K ₂ O kg / ha				
30	75	125	200	275	350
60	75	125	175	225	300
90	75	125	175	225	275
120	75	125	175	225	275
150	75	125	175	225	275
180	75	125	175	225	275
210	75	125	175	225	275

Fuente, Rodriguez, 1995





Cuadro 16. Estimación de la fertilización potásica bajo condiciones de riego.

Potasio Disponibile (mg/kg)	Rendimiento Esperado ton/há			
	60	70	80	90
100	285	385	480	560
150	130	230	330	430
200	0	80	180	275
250	0	0	25	120

Fuente: Hernánn Pinilla Q. 2007

4.5.4 AZUFRE

El azufre es un constituyente de tres de los aminoácidos esenciales (cistina, cisteina, 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.

Cuadro 17. 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	0,120
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

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 la planta, las que se ponen uniformemente cloróticas, raquílicas y alargadas con tallos débiles.

4.5.5 CALCIO Y MAGNESIO

El calcio es absorbido por las plantas en forma de ion 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 el calcio 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. Siempre es necesario una cierta cantidad de calcio para el desarrollo normal del sistema radicular. Además, el ión calcio tiene un papel antitoxico 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 ion 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 18. 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	0,2 a 0,6	0,09 a 0,15
Remolacha	Raíces	0,25 a 0,5	0,25 a 0,5
	Hojas		
Papás	Tubérculos	1,1 a 0,18	0,12 a 0,2
	Hojas	3,8 a 4,5	0,5 a 0,9

Fuente: Demolon, 1966





Cuadro 19. 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 solo 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.

Bibliografía

C. Sierra, J. Santos, J Kalazich. 2002. Manual de fertilización del cultivo de la papa en la zona sur de Chile. Boletín INIA N° 76.

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







V. PLANTACIÓN DE PAPA Y EFECTO DE TALLOS EN LA PRODUCCIÓN

Patricio Méndez L.
INIA Carillanca

El adecuado establecimiento del cultivo debe permitir que los tubérculos broten, que la emergencia sea rápida y que las plantas se desarrollen rápidamente, 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 determinados por el estado fisiológico de los tubérculos, su tamaño y sus condiciones físicas. Las condiciones del suelo están determinadas 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 uniformidad 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 uniformidad de desarrollo de la planta es especialmente importante en 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 sumi-

nistrar a la planta el agua y los nutrientes provenientes del suelo.

5.1 Densidad de plantación y efecto de tallos en la producción

El distanciamiento de 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, se incrementa el número de tubérculos por planta, disminuyendo el peso prome-





dio de estos 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, alcanzando 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».

Tallos principales: los que crecen directamente del tubérculo madre.

Tallos laterales: Aquellas ramificaciones del tallo principal cercanas al tubérculo madre. Estos tallos forman su propio sistema radicular y pueden ser tan productivos como los principales.

Número de Tubérculos: Hay menor competencia entre los tallos cuando hay menor densidad de tallos. En este caso se obtiene un número grande de tubérculos por tallo, pero se reduce el número de tubérculos por unidad de área. Cuando aumenta la densidad de tallos, es decir cuando aumenta el número de tallos por planta, disminuye el número de tubérculos por tallo, pero aumenta, generalmente el número de tubérculos por unidad de área.

Tamaño de los Tubérculos: Debido a la competencia, los tubérculos producidos con alta densidad de tallos serán de menor tamaño que los producidos con baja densidad de ellos.

Tasa de multiplicación: Es el rendimiento en tubérculos utilizables obtenido de un tubérculo semilla en una sola temporada del cultivo. Cuando se incrementa la densidad de tallos disminuye la cantidad de tubérculos producidos por un tubérculo semilla que equivale a la reducción de la tasa de multiplicación.

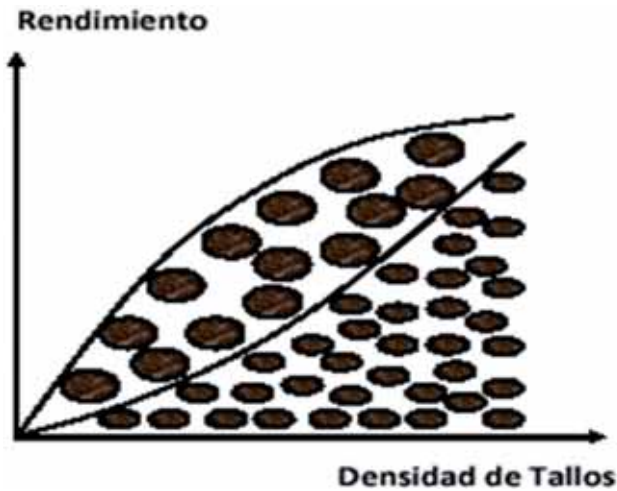
Así, una densidad alta de tallos:

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





Relación Densidad de Tallos versus Rendimiento



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

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

Figura 1. Una densidad de tallos alta conduce a un incremento en el rendimiento hasta cierto punto y a una reducción en el promedio del tamaño del tubérculo. Esto se refleja en una mayor proporción de tubérculos pequeños.

Cuadro 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. 60 gr)	Semillón (5,5 – 6,5 cm) (aprox. 130 gr.)
Desireé	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 difieren 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 productivos se necesita conocer el comportamiento de cada variedad en cuanto a 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 tanto el número y tamaño de los tubérculos formados por los diferentes calibres. De esta manera se puede ajustar la distancia de plantación de los diversos calibres 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, éstos se logran con poblaciones entre 80.000 y 140.000 tallos principales. En el caso de consumo en fresco esto se logra con poblaciones entre 140.000 y 200.000.

Cuadro 2. Estimación de la cantidad de Tubérculos semilla a usar en el cultivar Desiree 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

5.2 FACTORES QUE DETERMINAN LA DENSIDAD DE TALLOS.

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

5.2.1 Número de tallos principales: Éste 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 adi-





cionales, especialmente cuando el tubérculo-semilla es vigoroso. Esto a menudo conduce a una emergencia desuniforme.

- **Número de brotes sembrados (con su tubérculo-semilla correspondiente):** En este caso el número de brotes sembrados depende de: número de tubérculos sembrados y del número de brotes por tubérculo.

5.2.2. El número de brotes por tubérculo.

- **Tamaño del tubérculo:** los tubérculos grandes tienen más brotes.
- **Variedad de papa:** algunas variedades desarrollan más brotes que otras.
- **Tratamiento del tubérculo:** el tratamiento del tubérculo 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 almacenamiento que favorecen la dominancia apical limitan el número de brotes. El desbrotado y el corte de tubérculos-semillas 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 de brotes durante la siembra.
- **Edad fisiológica;** los tubérculos fisiológicamente avanzados desarrollan más brotes que los tubérculos fisiológicamente jóvenes. Cuando los tubérculos están muy viejos los brotes resultan demasiado débiles y no emergen.

5.2.3 Densidad recomendada de tallos: Depende del ambiente, del propósito del cultivo y de la variedad de papa a utilizar.

Ambiente. Malas condiciones de producción causadas por baja intensidad de luz, baja fertilidad, poca humedad, y mala estructura del suelo, no pueden sostener tantos tallos como buenas condiciones de producción. 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.

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. Por ejemplo, en Holanda, se recomienda como mínimo 30 tallos principales por metro cuadrado cuando se trata de producción de tubérculo-semilla (semilla certificada), y 20 a 25 tallos principales por metro cuadrado cuando se trata de papa para consumo.

La producción de tubérculo-semilla comprende dos etapas, cada una incluyendo un número de multiplicaciones. La primera etapa lleva a un núcleo de gran calidad llamado semilla básica. La segunda etapa 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.

En la producción de **semilla básica**, la sanidad es más importante que el tamaño del tubérculo. Por ello, el número de multiplicaciones debe ser mínimo. Esto se logra con





una alta tasa de multiplicación, mediante una densidad baja de tallos.

En la producción de **semilla certificada**, se le da prioridad a tubérculos pequeños, pues los mercados de semilla exigen ese tamaño. Así, la densidad de tallos debe ser mayor para semilla certificada que para semilla básica.

Variedad de papa. Las variedades que producen mucho follaje (como algunas andígenas y las variedades tardías) requieren una densidad más baja de tallos que las variedades que producen menos follaje.

5.3 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.

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.

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.

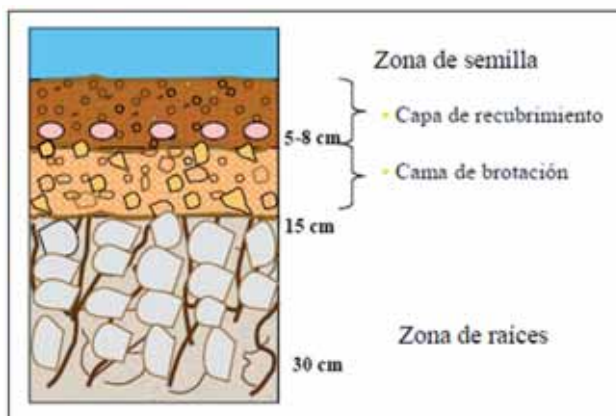


Figura 2. Distribución espacial zona de semilla y zona de raíces en la plantación de papas.

5.4 TIPOS DE PLANTACIÓN

Existen tres tipos de plantación: Manual, Semiautomática y Mecanizada.

5.4.1 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 semillas en el fondo del surco y se tapan con tierra.





Fuente: INIA Carillanca

Foto 1. Ubicación papa semilla en surco

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.



Fuente: INIA Carillanca

Foto 2. Plantación manual de papa

5.4.2 Plantación Semi mecanizada:



Fuente: INIA Carillanca

Foto 3. Plantadora de papa semiautomática

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

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 uniforme como también la cantidad de fertilizantes aplicados. Por lo tanto, existe una mayor eficiencia productiva, que se traduce en mayores rendimientos.

5.4.3 Plantación Mecanizada

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 fer-





tilizante a aplicar, desarrollar la labor en un menor tiempo y utilizar un menor cantidad de mano de obra.



Fotos 4 y 5. Plantadora automatizada

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

Bibliografía

A. Contreras. 1997. Producción de papa semilla agricultores del sur de Chile. Universidad Austral de Chile.

J. Rojas. 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.

R. Cortbaoui.1984. Siembra de Papa Boletín de Información Técnica N° 11. Centro Internacional de la Papa.





VI. PULVERIZACIÓN Y APLICACIÓN DE PESTICIDAS

Juan Inostroza F., Patricio Méndez L.
INIA Carillanca

Los niveles de pérdida en los cultivos debido a competencia de plagas, malezas y enfermedades pueden superar los valores tolerables, lo cual se debe principalmente a un mal manejo del cultivo, que involucra varias prácticas, entre las que se encuentran aplicaciones ineficientes de **agroquímicos**. Estas ineficiencias son debidas, en su gran mayoría, a problemas que presentan los equipos de pulverización, como ser boquillas pulverizadoras dañadas o desgastadas, manómetros fuera de servicio, filtros tapados, velocidades excesivas de trabajo, mala posición de las boquillas en la barra, desajustada altura del botallón, otros.

6.1 BASES PARA UNA BUENA APLICACIÓN

La eficacia de una pulverización depende fundamentalmente de cuatro factores:

6.1.1 Calidad del agua: este factor es de extrema importancia y de esto dependen varios aspectos relacionados al éxito de la aplicación, la durabilidad de las boquillas y del estado general del equipo de pulverización.

El pH del agua (ácido o alcalino) provoca en algunos herbicidas totales (glifosato/sulfosato) modificaciones en su principio activo, provocando pérdidas de efectividad. Otro aspecto de importancia son las suspensiones inorgánicas que puede contener el agua, como ser limos y arcillas, elementos extremadamente abrasivos que generan un desgaste acelerado de los mecanismos de precisión (caudalímetro,

manómetros, reguladoras de presión) y de los orificios de las boquillas.

Por último las suspensiones orgánicas del tipo algas, restos de hojas, otros, que se pueden encontrar en el estanque provocan taponamientos en bombas, filtros y boquillas si al momento de la carga del estanque no son eliminadas por los sistemas de filtrado.

6.1.2 Efectividad del producto empleado: tiene relación con la elección acertada del producto para el control de plagas, malezas y enfermedades. Los plaguicidas aplicados correctamente no deben fallar. Puede contribuir a mejorar la efectividad del producto, el uso de coadyuvantes o aceites minerales que mejoran la adherencia del mismo. Es de suma importancia que el fabricante del producto especifique en la etiqueta las exigencias de la técnica de aplicación: caudal, presión, boquillas, altura del botallón, número de impactos mínimos, condiciones ambientales, otros.

6.1.3 Momento oportuno de aplicación: el éxito o fracaso de la pulverización depende del momento de la aplicación y esto tiene que ver con el estado del crecimiento o desarrollo de las malezas, enfermedades e insectos y con la mayor o menor sensibilidad de éstos. Siempre se debe tener claro la ubicación exacta del blanco u objetivo (malezas, insectos, otros), porque esto nos permite orientar la aplicación para lograr el mayor número de impactos en él.

6.1.4 Homogeneidad en la distribución: se logra mediante un buen equipamiento y





regulación de la pulverizadora, siendo también indispensable un buen mantenimiento del equipo, y sobre todo, un manejo correcto del mismo.

6.2 REGULACIÓN DE LA PULVERIZADORA

Antes de proceder a regular la pulverizadora es necesario leer atentamente las instrucciones del producto que se va a aplicar, para conocer el volumen de agua por hectárea recomendado.

6.2.1 Control de la velocidad de avance:

En el caso de las pulverizadoras de arrastre o suspendidas al enganche de 3 puntos del tractor, no es suficiente controlar la velocidad del tractor con el cuenta revoluciones (RPM) o lo que indique el manual del mismo con relación a los cambios de marcha.

Para obtener la velocidad expresada en km/h se debe aplicar la siguiente formula:

$$\text{Velocidad (km/h)} = \frac{\text{Distancia (m)}}{\text{Tiempo (s)}} \times 3,6$$

La medición siempre será conveniente realizarla en el terreno donde se va a realizar el trabajo debido al radio bajo carga real que adoptará el neumático.

6.2.2 Verificación de las boquillas pulverizadoras

La eficiencia de una pulverizadora puede ser malograda por la mala elección de la boquilla o estado avanzado de desgaste, mala posición en el botalón, altura inadecuada o por la presión de trabajo no aconsejada.

Las boquillas son elementos básicos para una correcta uniformidad de distribución del producto sobre el cultivo y/o el suelo. El volumen de líquido pulverizado, el tamaño de gota y la distribución sobre la superficie influyen sobre los resultados. Se debe elegir el tipo y modelo de boquilla de acuerdo al volumen que se va a pulverizar por hectárea, el producto, la plaga y el cultivo a tratar.

6.2.3 Tipos de Boquillas

Cono hueco. Se utilizan especialmente para aplicar insecticidas y fungicidas. La nube de aspersión que produce forma un cono vacío en el centro, de ahí su nombre. Constan de dos partes básicas: un disco con un orificio de diámetro variable y una pieza circular o cilíndrica llamada rotor o difusor, que origina el movimiento rotatorio que forma el cono de aspersión. Las boquillas de cono hueco producen un espectro de gotas mediana y pequeñas y se usan en equipos terrestres, motorizados o manuales, y en equipos aéreos.

Cono sólido o cono lleno. Son similares a las anteriores. La diferencia radica en que el esparcidor o rotor tiene un orificio en el centro. Producen gotas más gruesas que las de cono hueco y por eso se recomiendan para aplicación de herbicidas postemergentes.

De abanico o cortina. Se usan básicamente para la aplicación de herbicidas porque producen gotas más grandes y menos sujetas a la deriva. El orificio de la boquilla no es circular sino lenticular o alargado. La nube de aspersión es plana, en forma de un abanico y de ahí su nombre. También se utilizan para tratar superficies planas como paredes, e incluso, las boquillas de orificios más pequeños, para aplicación de insecticidas y fungicidas. Existen





básicamente dos tipos: de abanico y de inundación.

De abanico plano. Su patrón de descarga disminuye hacia los extremos del abanico y por ello es necesario que haya un traslape entre la descarga de una boquilla y la de la boquilla siguiente, para que no queden franjas subdosificadas. Los abanicos deben cruzarse unos 10 cm arriba del suelo o del cultivo para lograr un traslape adecuado (Aprox. 15% a cada lado).

De abanico uniforme. Su patrón de descarga es igual a todo lo ancho del abanico y se recomiendan especialmente para las aplicaciones en banda. Las boquillas de abanico se identifican, en algunas marcas comerciales, por un número de 4 a 6 cifras: las dos o tres primeras indican el ángulo que forma el abanico a una presión de 40 libras por pulgada cuadrada (PSI) y las dos o tres últimas cifras la descarga en galones por minuto, también a 40 PSI. Las boquillas de abanico uniforme llevan después del número la letra E. Algunos fabricantes identifican sus boquillas por colores pero el código de colores

no ha sido reglamentado, de modo que varía de una marca a otra.

De inundación. Se conocen también como boquillas deflectoras, floodjet, de inundación, de baño o de yunque y también se conocen por su referencia TK seguida de un número que va desde 0,5 hasta 5. Este número significa el caudal, en décimos de galón por minuto, a una presión de 10 PSI (0,703 kg./cm³). Su aspersion produce un abanico plano con un ángulo de salida amplio y un chorro de trayectoria recta que golpea una pared que lo desvía en dirección casi perpendicular. Se utilizan para aplicar herbicidas pre o postemergentes, con bomba de espalda o de tractor y eventualmente con avión. Se usan con presiones bajas, máximo 30 PSI. A igual presión y descarga son las boquillas que producen las gotas más grandes.

Graduables. Llamadas también de cono variable, porque al girar el cuerpo de la boquilla el ángulo de aspersion varía desde un chorro angosto con gotas grandes hasta un cono amplio con gotas pequeñas.

Tabla 1. Principales características de boquillas cónicas y boquillas de abanico.

Boquilla tipo cónica	Boquilla tipo abanico
Trabaja con alta presión	Trabaja con baja presión
Genera gotas pequeñas	Genera gotas medias a grandes
Óptima cobertura	Cobertura media
Muy sujeta a deriva	Baja deriva
Mayormente utilizada en fungicidas e insecticidas	Mayormente utilizadas para herbicidas





Las boquillas deben complementarse con filtros para evitar obstrucciones. En general se usan filtros de malla 50, pero las boquillas de menor descarga pueden requerir filtros de malla 80 o 100. Además debe filtrarse el agua al cargar el equipo de aplicación, con filtros de malla por lo menos 25. Después de cada aplicación se deben limpiar los filtros.

La medición del caudal pulverizado de la boquilla debe hacerse a la presión indicada por el fabricante y siempre con agua limpia. Los métodos más usados son las jarras graduadas o los caudalímetros de caudal constante. Cualquiera sea el método elegido, se anota el caudal de cada boquilla, se suman los caudales y se calcula el caudal promedio. Aquellas que presenten desviaciones mayores o menores al 10% del valor de la media, deben ser sustituidas por otras nuevas.

Hay que tener en cuenta que la limpieza cuidadosa de una boquilla obstruida puede marcar la diferencia entre una dosis correcta o una sub o sobredosis. Bajo ningún concepto se recomienda el uso de objetos metálicos (clavos, alambres) para limpiar las boquillas, ya que esto provoca una deformación del

orificio que no se puede apreciar a simple vista. Esto trae aparejado una incorrecta distribución de producto y un aumento de la dosis del agroquímico. El elemento que se debe utilizar para efectuar la limpieza es un cepillo de cerda dura, similar al de dientes, ofrecido por los distribuidores.

6.2.4 Elección de las boquillas

Existen muchas clases de boquillas que producen diferentes caudales, ángulos de pulverización, tamaños de gota y perfiles. Algunas características están indicadas por el número correspondiente de la boquilla. Cada tipo de boquilla de pulverización está clasificada según sus diferentes condiciones de funcionamiento (Figuras 1 y 2). Por ejemplo, para las boquillas de pulverización de chorro plano estándar TeeJet se expresa el caudal en l/min (litros por minuto), mientras para las boquillas de cono hueco TX ConeJet, que tienen un caudal muy inferior, se expresa éste en l/h (litros por hora). Cuando se reemplacen las boquillas, utilizar siempre boquillas del mismo número, para asegurarse de que el pulverizador siga correctamente ajustado.

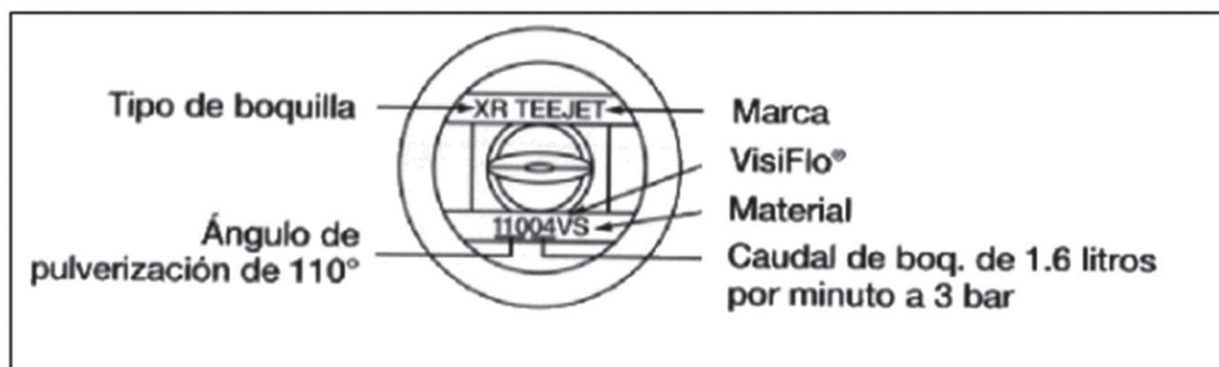


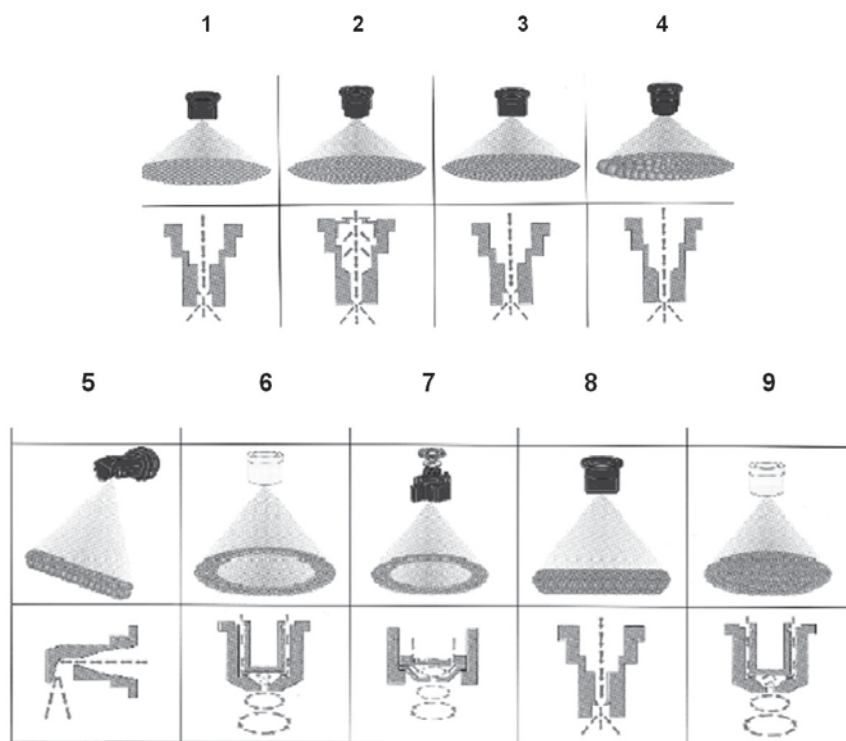
Figura 1





Figura 2

Figura 3. Esquemas de diferentes tipos de boquillas pulverizadoras



1. Boquilla pulverizadora de abanico plano standard.
2. Boquilla pulverizadora de abanico plano con reducción de deriva.
3. Boquilla pulverizadora de abanico plano de baja presión.
4. Boquilla pulverizadora de abanico plano de presión regulable.
5. Boquilla pulverizadora de abanico plano espejo o deflectora.
6. Boquilla pulverizadora tipo cono hueco.
7. Boquilla pulverizadora tipo cono hueco con núcleo y disco de turbulencia.
8. Boquilla pulverizadora de abanico plano en banda.
9. Boquilla pulverizadora tipo cono lleno.





6.2.5 Caudal

El caudal de la boquilla varía según la presión de pulverización. En general, **para duplicar el caudal a través de una boquilla, debe cuadruplicarse la presión.**

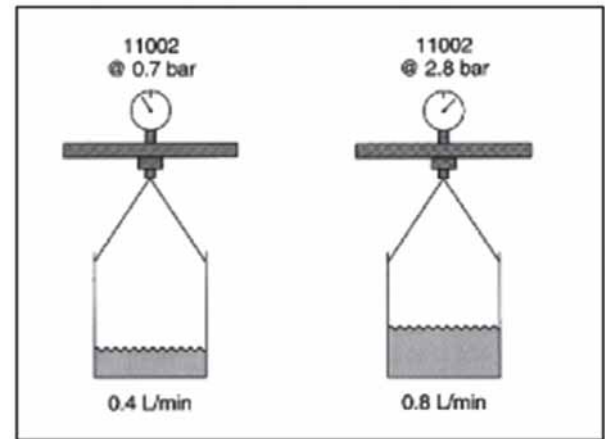


Figura 4

Una presión más alta no sólo aumenta el caudal de la boquilla, sino que también influye en el tamaño de las gotas y la velocidad de desgaste de los orificios. Al subir la presión de pulverización, disminuye el tamaño de las gotas se desgastan más rápidamente los orificios (Figura 4).

6.2.6 Alturas mínimas de pulverización recomendadas

Las indicaciones sobre la altura de las boquillas que figuran en la siguiente tabla están basadas en el recubrimiento mínimo requerido para obtener una distribución uniforme. Sin embargo, en muchos casos los ajustes estándar de la altura están basados en una relación de 1 a 1 en la distancia entre boquillas y la altura. Por ejemplo, las puntas de pulverización de chorro plano de 110° situadas a 50 cm. la una de la otra, suelen ajustarse a 50 cm por encima del objetivo.

Tabla 2. Alturas mínimas de pulverización recomendadas.

Tipo de Boquilla	Altura mínima de las boquillas (cm)			
	Ángulo de pulverización	50 cm de distancia	75 cm de distancia	100 cm de distancia
TeeJet (chorro plano)	56º	60	80	NR *
TeeJet, XR TeeJet	80º	50	70	NR *
TeeJet, XR TeeJet	110º	40	50	NR *
FullJet	120º	30**	40**	40**
FloodJet	120º	***	***	***

* No se recomienda.

**La altura de pulverización está basada en un ángulo de pulverización de orientación de 30º hasta 45º.

***La altura de la punta de pulverización gran angular depende de la orientación de la boquilla. El factor crítico es un recubrimiento doble del perfil de pulverización





6.2.7 Regulación de la altura del botalón o barra

La altura del botalón de pulverización es un factor esencial para una buena homogeneidad en la distribución del producto en el potrero (Figura 5), que dependerá del tipo de boquilla que se utilice y del cultivo del

que se trate. Consulte el manual de boquillas pulverizadoras de acuerdo al ángulo de pulverización y distancia entre pastillas (Figuras 6, 7 y 8).

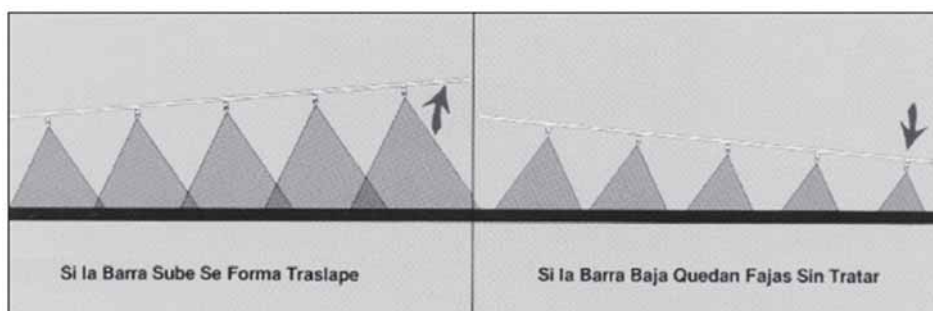


Figura 5: Errores por oscilaciones en la altura del botalón.

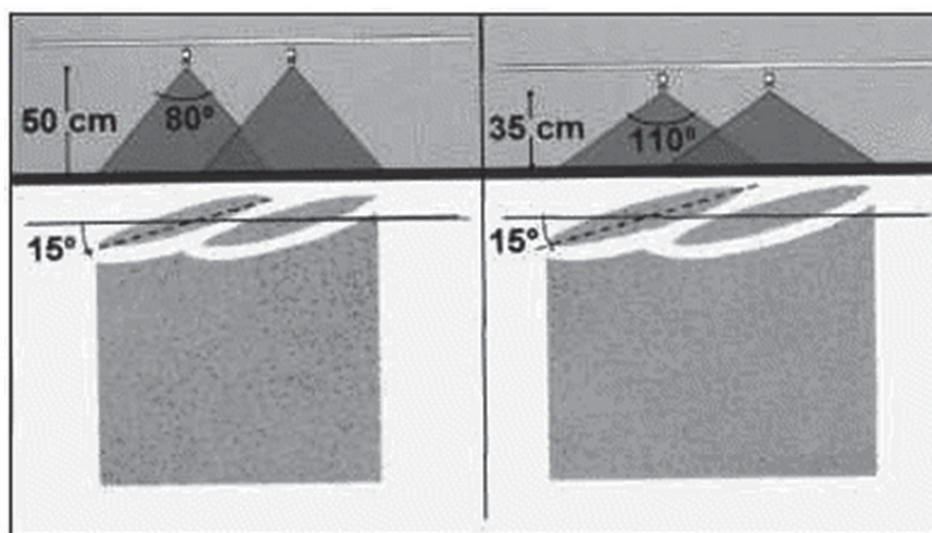


Figura 6: Indica la forma correcta de ubicar las boquillas abanico en el botalón con un cruce de 15° para evitar choques entre los abanicos. Se muestra también la variación de altura óptima de aplicación con el ángulo de la boquilla.





Figura 7: Boquillas para la aplicación en banda de chorro plano uniforme

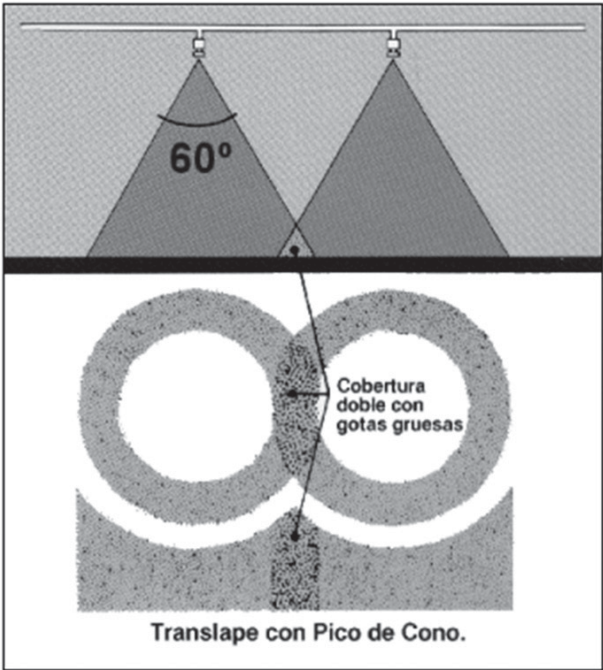
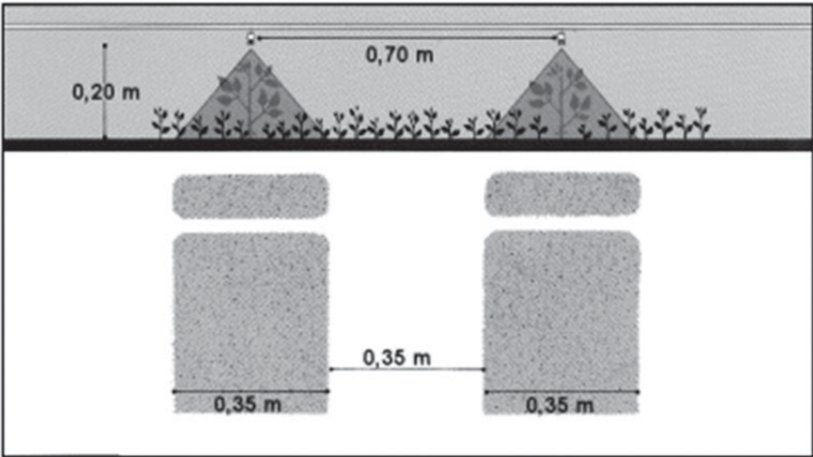


Figura 8: Boquillas de cono hueco para fungicidas e insecticidas que por su diagrama de aplicación resulta difícil lograr una cobertura uniforme requerida para los herbicidas.

6.2.8 Ubicación del objetivo

Cuando las malezas son muy desuniformes en altura se debe tener la precaución de ubicar bien el objetivo y generalmente se debe elevar unos centímetros la altura de aplicación (Figura 9).



Figura 9



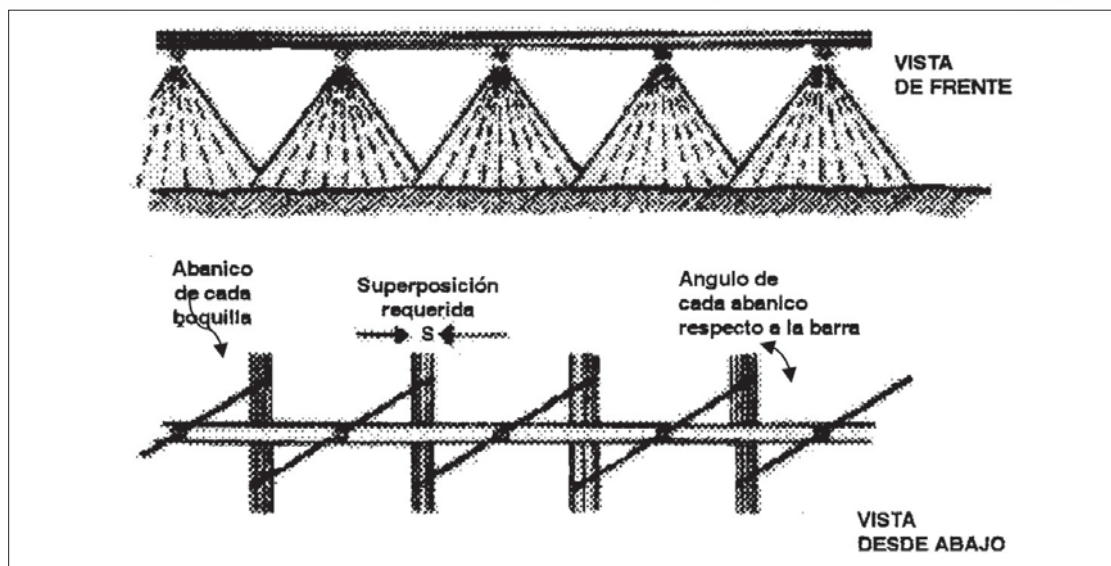


Figura 10. Posición de las boquillas con respecto a la barra de pulverización

6.2.9. Análisis de la distribución

Para analizar la distribución del botalón, actualmente hay disponibles una serie de bandejas recolectoras de diferentes tamaños. (Figura 11), en las cuales se recoge el líquido pulverizado por la boquilla y se diferencia la cantidad entregada por secciones, en el ancho de la cobertura del chorro. Con este procedimiento se construye un gráfico de entrega, denominado diagrama de distribución. Como el uso general de este tipo de boquillas es de cobertura total, para

obtener una distribución uniforme en todo el ancho del botalón se recurre a la superposición de los chorros contiguos para que se sume el liquido pulverizado de las zonas superpuestas (Figura 12). En caso de no disponer de ningún elemento de recolección, es suficiente observar la pulverización a contra sol y verificar que los diagramas de distribución no presenten rayones notorios ni superposiciones entre ellos.

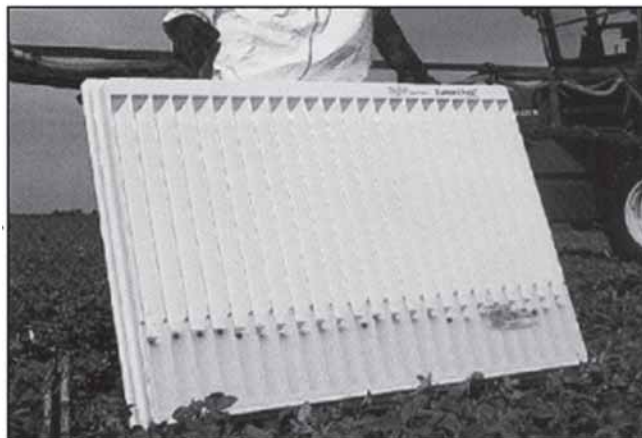


Figura 11. bandeja recolectora para analizar la distribución a lo largo del botalón



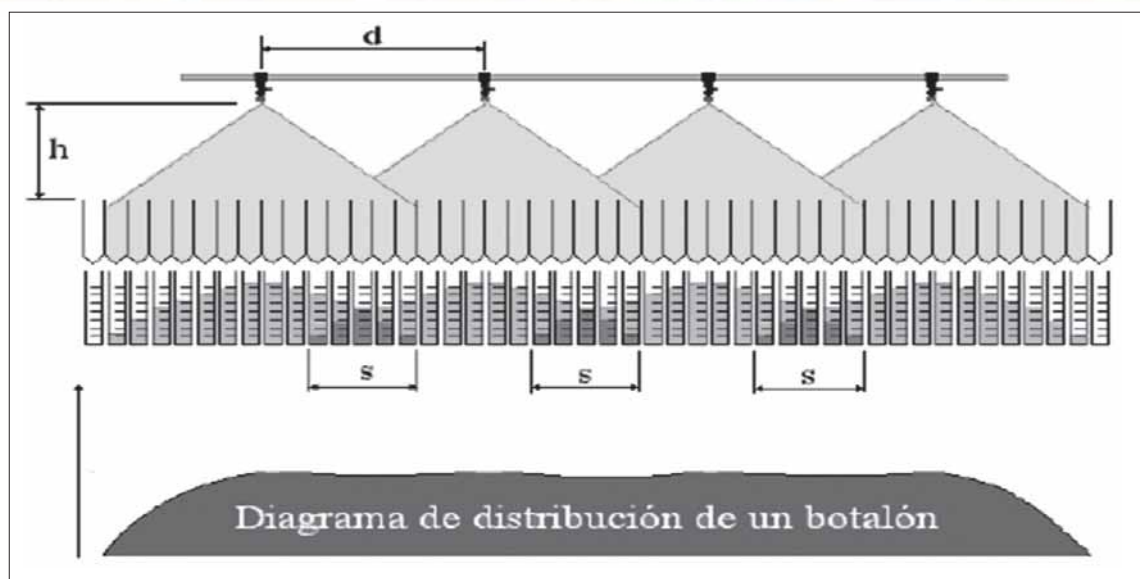


Figura 12

6.3 DERIVA

La deriva puede definirse como el envío de gotas fuera del objetivo deseado. Este fenómeno constituye uno de los problemas más importantes respecto del medio ambiente con el que se ven enfrentados los usuarios de pulverizadores. A fin de poder tomar la decisión correcta en la selección de boquillas y su aplicación, el usuario debe tener conocimiento del tamaño de las gotas.

6.3.1 Tamaño de gota. Se indica que las gotas inferiores a 200 micrones contribuyen a la deriva. Corresponde a gotas muy pequeñas que son llevadas por el viento.

Como referencia de número de gotas, se pueden tomar los valores recomendados por el Código de FAO, que son suficientes para llevar a cabo un control efectivo de las plagas, malezas o enfermedades.

Tabla 3. Número de gotas por cm^2 y su aplicación

Aplicación	Gotas/ cm^2
Insecticidas	20/30
Herbicidas preemergentes	20/30
Herbicida postemergente	30/40
Herbicida de contacto	30/40
Fungicidas	50/70

6.3.2 Características de la aspersión. Dos de los factores más importantes que determinan la efectividad de la aspersión son el rango o espectro de tamaño de las gotas y la cobertura del objetivo por el asperjado.

Las gotas pequeñas producen muy buena cobertura y se adhieren bien a superficies que son difíciles de mojar (figura 13), pero están expuestas a la deriva o arrastre y se evaporan rápidamente, especialmente a baja humedad relativa. Gotas de diámetro pequeño caen con relativa lentitud y, por lo tanto, son





arrastradas por el viento y pueden causar daños severos a los cultivos adyacentes. Las gotas mayores tienden a rebotar y desprenderse de superficies «difíciles de mojar», pero, en este caso la deriva y la evaporación son un problema menor.

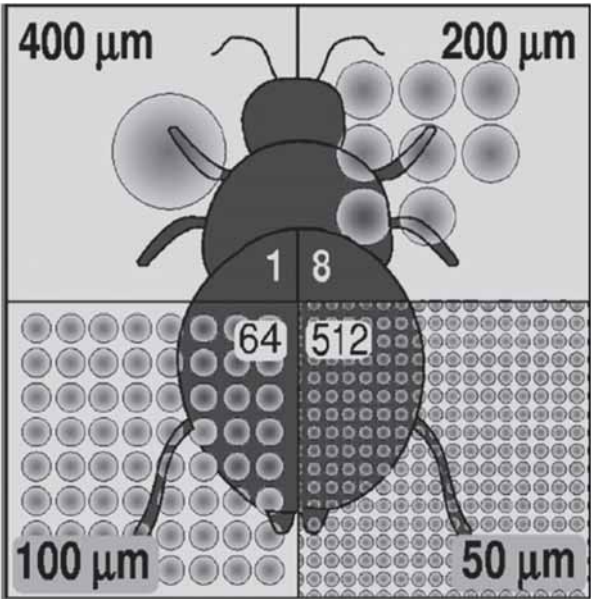


Figura 13. Esquema tamaño de gota y cubrimiento

6.4 PULVERIZADORAS TIPO MOCHILA.

El equipo más extensamente usado para aplicar productos químicos es la pulverizadora de tipo mochila accionada por palanca (figura 14). Ésta consiste de un tanque plástico, o menos comúnmente de metal, que se situará de forma erecta sobre el suelo para su llenado y que se ajusta cómodamente sobre la espalda del operador. La palanca acciona una bomba de tipo diafragma o de pistón. La capacidad del tanque típicamente varía de 10 a 20 litros, pero el peso total de la mochila llena no debe exceder de 20 kg.

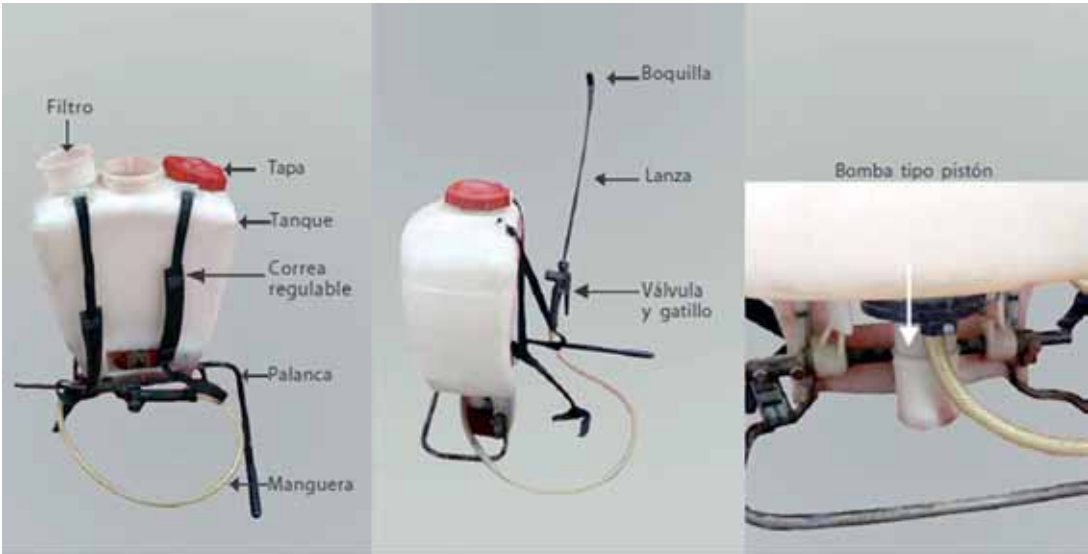


Figura 14. Esquema pulverizadora tipo mochila.





Para facilitar el llenado y la limpieza, el tanque debe tener una apertura amplia (90-100 mm de diámetro), que a menudo tiene acoplado un filtro grueso. La tapa debe tener un ajuste hermético y debe poseer un respiradero, con una válvula para evitar goteo del líquido de aspersión.

Las mochilas accionadas por palanca, la llevan por encima o por debajo del brazo. Las primeras son más fáciles de operar cuando se camina a través de vegetación alta, que se cruza sobre el entresurco, pero su uso es muy cansador y son más comunes las palancas debajo del brazo.. Las primeras son preferidas para bombear materiales abrasivos, como los polvos humectables y las últimas se recomiendan para aspersiones de alta presión.

La bomba de diafragma accionada por palanca es más usada para aplicación de herbicidas y típicamente es operada a presiones entre 100 y 300 KPa (1 y 3 bar). Para mantener la presión de operación en la cámara la palanca debe ser accionada regularmente (aproximadamente 30 brazadas/minuto), pero si se usa una barra con multiboquillas o una boquilla de alta entrega de líquido, se debe aumentar la frecuencia del bombeo.

Es posible mantener una presión constante dentro de la cámara de presión mediante una válvula de escape, que en algunas mochilas se puede ajustar cuando se requieren presiones de aspersión alternativas.

6.4.1 Selección de boquillas para aspersores tipo mochila. Las boquillas pueden ser: de abanico (fan-jet), de cono y de inundación o de impacto (flood-jet). Las boquillas de abanico y de inundación (flood-jet) son las más usadas para aplicación de herbicidas. Las boquillas de cono, usadas con pulverizadoras de mochila producen un patrón de depósito de aspersión de cono hueco y generalmente son operadas a presiones más altas que las boquillas de abanico plano, y se usan principalmente para aplicar fungicidas e insecticidas.

Las boquillas se clasifican, de acuerdo con su calidad de aspersión (DMV), en las categorías de: «finas», «medias» y «gruesas» para usos normales, y «muy finas» (máquinas nebulizadoras) y «muy gruesas» (fertilizadoras) para usos especiales. En la Tabla 3 se muestran algunas características de diferentes calidades de aspersión.

Tabla 4. Efectos de la calidad de la aspersión sobre la retención, la deriva y el uso.

Calidad de aspersión	Tamaño de gota* m	Retención sobre superficies foliares difíciles de mojar	Usado para	Peligro de deriva
Fina	101-200	Buena	buena cobertura	medio
Media	201-300	Buena	mayoría de los productos	bajo
Gruesa	>300	Moderada	herbicidas de suelo	muy bajo

* diámetro de la mediana de volumen de las gotas.





6.4.2 Calibración de pulverizadoras tipo mochila. Es imprescindible calibrar la pulverizadora antes de usarla, con agua limpia como solución de aspersión. Se deben determinar tres factores básicos al calibrar la pulverizadora: la velocidad de traslado, el caudal de la boquilla (según tipo y presión de aplicación) y el ancho de la estela.

La velocidad de traslado se debe determinar sobre una superficie con vegetación similar a la que será tratada. Una velocidad típica de caminar asperjando es de 1 m/seg o 3,5 km/h. El caudal de la boquilla se debe determinar recogiendo y midiendo el volumen de líquido de aspersión emitido en 1 minuto. Cuando se usan pulverizadoras accionadas por palanca, ésta se debe accionar uniformemente, con brazadas completas, con el fin de mantener una presión lo más uniforme posible. Si tiene acoplada válvula de regulación de presión, ésta se debe colocar en un valor adecuado para la boquilla.

El ancho de estela es la distancia de aspersión efectiva cubierta por la boquilla o barra multiboquilla. El ancho de aspersión de una sola boquilla de abanico (fan-jet) es típicamente estrecha, mientras que con una sola boquilla de inundación o deflectora (flood-jet) se obtiene un ancho de estela mayor. Habiendo determinado el caudal de la boquilla en litros/minuto, conociendo el ancho de estela y la velocidad de traslado, se puede calcular el volumen de aplicación (o solución final) por unidad de área.

Con un ancho de estela de 1 m, una velocidad de traslado de 60 m/min y un caudal de boquilla de 0.6 L/min, el volumen de aspersión por hectárea es:

$$\frac{0.6 \text{ l / min}}{1 \text{ m} \times 60 \text{ m / min}} \times 10,000 = 100 \text{ l / ha}$$

Si el volumen de aplicación (solución final) es inadecuado, se pueden hacer ajustes pequeños variando la velocidad de traslado y/o la presión. Ajustes mayores exigen cambio de boquillas.

Para calcular la cantidad de producto comercial a aplicar en el tanque de la asperjadora, tome la dosis recomendada de la etiqueta del producto (litros o kilos por hectárea) y multiplique por el volumen del tanque de la asperjadora (o por el volumen de aspersión necesario si es menor que un tanque lleno). Este valor se divide entre el volumen de aplicación en l/ha (ver resultado arriba),

$$\frac{\text{dosis (l o kg / ha)} \times \text{volumen del tanque (litros)}}{\text{volumen de aplicación}}$$

Por ejemplo, si la dosis del herbicida es de 2.5 l/ha de producto comercial, la capacidad del tanque es de 20 l y el volumen de aplicación es de 100 l/ha, el volumen de producto comercial a colocar en el tanque es:

$$\frac{2.5 \text{ l / ha} \times 20 \text{ l}}{100 \text{ l / ha}} = 0.5 \text{ l de producto comercial}$$

Este valor se multiplica por 10 000 para obtener L/ha.

Por lo tanto, se deben añadir 0.5 l del producto a 19.5 l de agua en el tanque de la asperjadora.





6.4.3 Aspersión. Mantenga la lanza (Figura 14) a la altura correcta sobre el objetivo para lograr el ancho de estela requerida y una aplicación uniforme. Evite asperjar cuando la velocidad del viento esté por encima de 6 km/h, ya que la deriva puede ser un problema. Debe considerarse que un aire muy quieto y condiciones soleadas pueden producir corrientes de convección que causan deriva en direcciones impredecibles. Se puede reducir la deriva mediante una menor altura de las boquillas, menor presión y boquillas mayores.

6.5 ASPERSIÓN SEGURA.

En la mayoría de las técnicas de aplicación generalmente, del total del producto que se aplica, un porcentaje llega al objeto y el resto queda en el medio ambiente, lo cual puede generar problemas de contaminación de suelo, aguas superficiales o subterráneas, especies animales y/o vegetales, otros.

Para una aplicación segura y efectiva el operador de la asperjadora (agricultor) debe aplicar la dosis adecuada de plaguicida en el volumen de agua adecuado, usando una correcta calidad de aspersión y en el momento óptimo

6.5.1 Mezclado de la solución de aspersión y llenado de la asperjadora. Los lugares de mezclado deben estar bien alejados de las vías o cuerpos de agua y otras áreas ambientalmente sensibles. Además en el mezclado se deben tener las siguientes consideraciones:

- Leer la etiqueta del producto
- Usar ropa protectora adecuada
- Agitar el envase del producto solamente si así lo indica la etiqueta.

- Verter y medir cuidadosamente la cantidad calculada.
- Llenar el tanque de la asperjadora hasta la mitad con agua limpia.
- Agregar el producto medido.
- Enjuagar el recipiente de medición y verter éstos en el tanque.
- Ajustar la tapa de la asperjadora y agitar suavemente la asperjadora para mezclar su contenido.
- Retirar la tapa, rellenar con agua hasta el nivel correcto y mezclar de nuevo.
- Desechar los envases vacíos con seguridad y, si es posible, devolverlos a los suministradores.

6.5.2 Condiciones ambientales apropiadas para pulverizar

- Humedad relativa del aire: entre 50% y 90%.
- Temperatura: entre 7° y 30 °C.
- Velocidad del viento: entre 4 y 6 km/h (sistema sin cortina de aire en las barras).

6.6 LO QUE NO SE DEBE HACER.

- Cargar la pulverizadora con agua impura (ph, impurezas orgánicas e inorgánicas)
- Llenar completamente el depósito antes de mezclar el producto.
- Mezclar productos en la pulverizadora antes de comprobar su compatibilidad, o sin conocer el procedimiento de mezclado.
- Preparar solución en exceso.
- Dejar la solución preparada de un día para el otro.
- Trasvasijar agroquímicos a otros recipientes que no sean los originales.





- Añadir bencina como antiespumante a la solución
- Trabajar a alta velocidad porque produce mala estabilidad del botallón
- Aplicar con viento excesivo
- Aplicar con excesiva presión (gota fina) con condiciones ambientales de alta evaporación (baja humedad relativa, alta temperatura y viento excesivo).

6.7 TECNOLOGÍA CORTINA DE AIRE.

Dentro de los recursos técnicos disponibles para reducir la deriva esta la aplicación con cortina de aire, en la cual una turbina insufla aire a través de una manga desde la barra hacia la superficie del cultivo formando una cortina neumática. La acción del aire origina una barrera, disminuyendo la acción del viento. El aire emitido sobre el cultivo, choca con este y lo mueve, mejorando la penetración de la pulverización.

La corriente de aire generada detrás de la boquilla con una alta velocidad, provoca una aislación total de las condiciones ambientales, ayudando a la gota a alcanzar el objetivo, además la corriente de aire provoca un movimiento del follaje que brinda una buena penetración, asegurando que las gotas puedan llegar a ambos lados de las hojas del cultivo o malezas. Por lo tanto, se disminuyen las pérdidas por deriva característica de las aplicaciones tradicionales con viento o elevada velocidad de avance.

6.7.1 Ventajas de las barras con cortina de aire.

Disminución de la deriva. En el sistema de cortina de aire, este sale al lado de las boquillas, impulsando las gotas pulverizadas

en dirección al blanco. Evaluaciones realizadas en Inglaterra, mostraron que hubo cerca de un 50% de reducción de la deriva utilizando el pulverizador de barras con cortina de aire.

Uso de menor volumen de agua. La aplicación con asistencia de aire permite usar, con gran seguridad, boquillas de bajo caudal con gotas pequeñas. Con la cortina de aire es posible utilizar boquillas de abanico con caudales entre 300 y 500 ml/min con poco riesgo de deriva; siendo cada vez mas común la utilización de volúmenes de pulverización entre 50 y 100 l/ha.

Mayor producción diaria. El uso de bajos volúmenes de agua aumenta considerablemente la capacidad de pulverización del equipo. Cuando el volumen de pulverización pasa de 400 l/ha a 50 l/ha, aumenta de 34,6 a 59,7 ha/día pulverizadas, que corresponde a un aumento cercano al 73% en la producción diaria. El uso de cortina de aire es fundamental para trabajar con volúmenes de pulverización menores de 100 l/ha (herbicidas).

Menor número de paradas debido al viento. En una pulverización convencional, cuando el viento alcanza cerca de 15 km/h, se debe detener el pulverizador, pues la calidad de aplicación estará comprometida. Con pulverizador de cortina de aire, es posible aplicar con velocidades de viento de hasta 35 km/h, sin que exista una deriva significativa.

Menor número de reabastecimientos. La posibilidad de trabajar con menores volúmenes de agua aumenta la producción diaria del equipamiento y consecuentemente disminuye el número de reabastecimientos de agua necesarios, facilitando la operación de pulverización.





Mayor penetración del producto en el cultivo. El viento generado por el sistema impulsa las gotas en dirección al cultivo, mejorando mucho la disposición de las gotas en el mismo. En remolacha, se ha medido un aumento del 51% en la disposición del producto sobre las hojas, obteniéndose en la parte inferior del cultivo el mejor resultado.

Reducción del uso de productos. Debido a la adecuada aplicación, dado que no hay dependencia que la velocidad del viento disminuya, es posible reducir la cantidad de productos por unidad de área.

Se ha obtenido buen control de malezas, en herbicidas post emergentes, con media dosis en relación al sistema convencional. Sin embargo, al utilizar la dosis completa, la eficiencia del control de la barra con cortina de aire fue mejor que con el sistema convencional. Esto se debe a la mejor penetración y mejor cobertura por la combinación del flujo de aire en la planta y alrededor de la misma, sumado al efecto de agitación de la planta, que expone mas área de las hojas a la pulverización. De esta forma se llega mejor a la parte más vulnerable de las plantas, que es el tallo de las mismas.

Menor contaminación ambiental. Por colocar mas producto en el blanco, disminuye mucho la deriva y posibilita trabajar con menores caudales, se protege el medio ambiente reduciendo la posibilidad de contaminar las áreas próximas el cultivo.

Menor riesgo de contaminación del tractorista. Por la menor deriva también disminuye el riesgo de contaminación del tractorista. Además, para aumentar aun más la seguridad del operador, los equipos traen lavador de envases.

Uso de velocidades mayores del tractor. Puesto que se mejora la eficiencia de aplicación y se corrige el efecto del viento y el de velocidad de avance, es posible trabajar a una mayor velocidad que en un equipo convencional.

Eliminación del efecto paragua. La cortina de aire provoca un torbellino llegando a todas las malezas, lo mismo a aquellas que se encuentran «escondidas» bajo otras malezas, eliminando así el efecto paragua, muchas veces responsable de la baja eficiencia del control de malezas.

Mejor control de plagas, enfermedades y malezas. La mejor disposición del producto químico en el blanco, junto a la menor pérdida de producto por deriva y la eliminación del efecto paragua, produce un mejor control de plagas, enfermedades y malezas, muchas veces hasta con menores dosis de producto.

Mejor relación costo vs. beneficio. La posibilidad de utilizar menores dosis de producto con la misma eficiencia, la capacidad de producción diaria, el menor numero de reabastecimientos, y la posibilidad de efectuar menor numero de aplicaciones debido a su mayor eficiencia en la aplicación, redundara en una mejor relación costo vs beneficio.



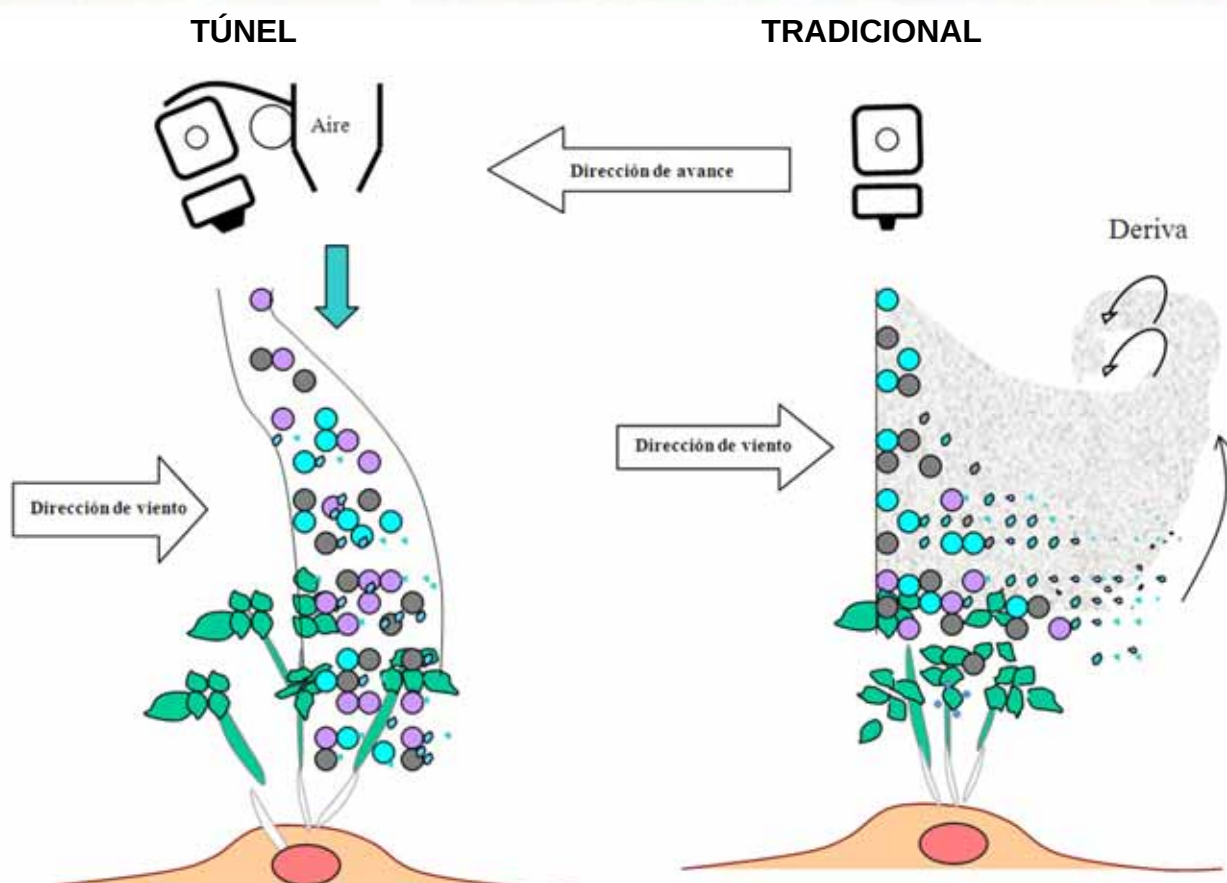


Figura 15. Efecto de la aplicación asistida por aire versus la pulverización tradicional

Bibliografía:

E. Contreras y M. Zapata. 2000. Técnicas de aplicación de pesticidas utilizando pulverizador manual. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín N° 29.

M. Boglani, G. Masiá, A Onorato. 2002. Pulverizaciones Agrícolas Terrestres, la exactitud mejora el rendimiento y asegura la protección del medio ambiente. Instituto de Ingeniería rural INTA Castelar.

M. Bragachini, A. Méndez, A. Martin. 2001. Pulverización calidad de aplicación y preservación del medio ambiente, *Proyecto Agricultura de Precisión – INTA*.

W. Perrez y G. Fordes. 2007. Manejo Integrado del tizón tardío. Hoja Divulgativa.







VII MANEJO POST PLANTACIÓN

Juan Inostroza F.;Patricio Méndez L.
INIA Carillanca

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.

7.1 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:

- El cultivo debe desarrollarse rápidamente, de modo que lo más pronto posible alcance un máximo de masa foliar.
- El follaje debe haber alcanzado un máximo desarrollo al momento del inicio de la formación de tubérculos

- 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 1). A esta profundidad de plantación se retrasa o se dificulta la emergencia, especialmente cuando la plantación se efectúa temprano en la temporada (en la Araucanía Costera, plantaciones de papa nueva a fines de julio e inicios de agosto).

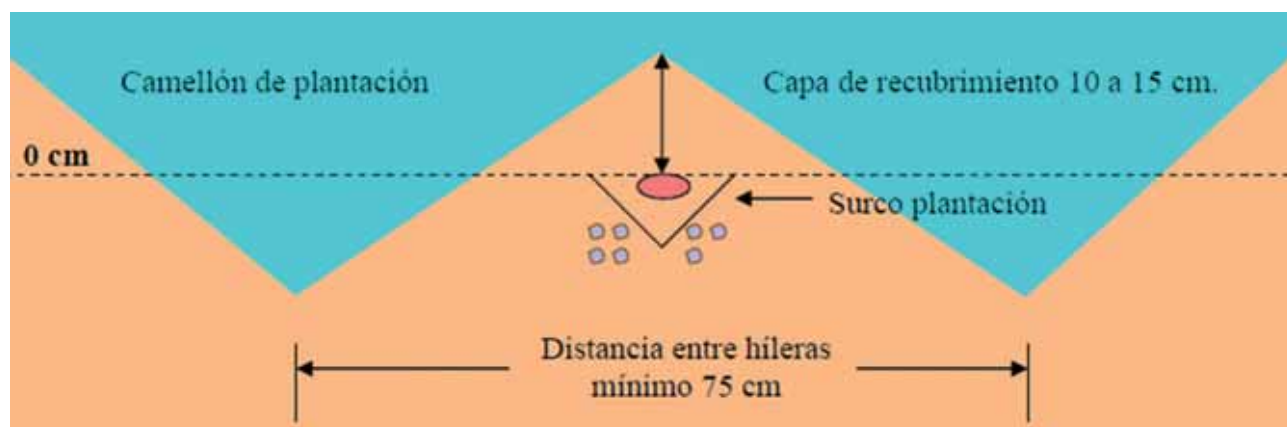


Figura 1. Profundidad de plantación





La posición correcta de los tubérculos en el suelo y la forma del camellón debe ser la indicada en la figura 2. Los tubérculos semillas 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.

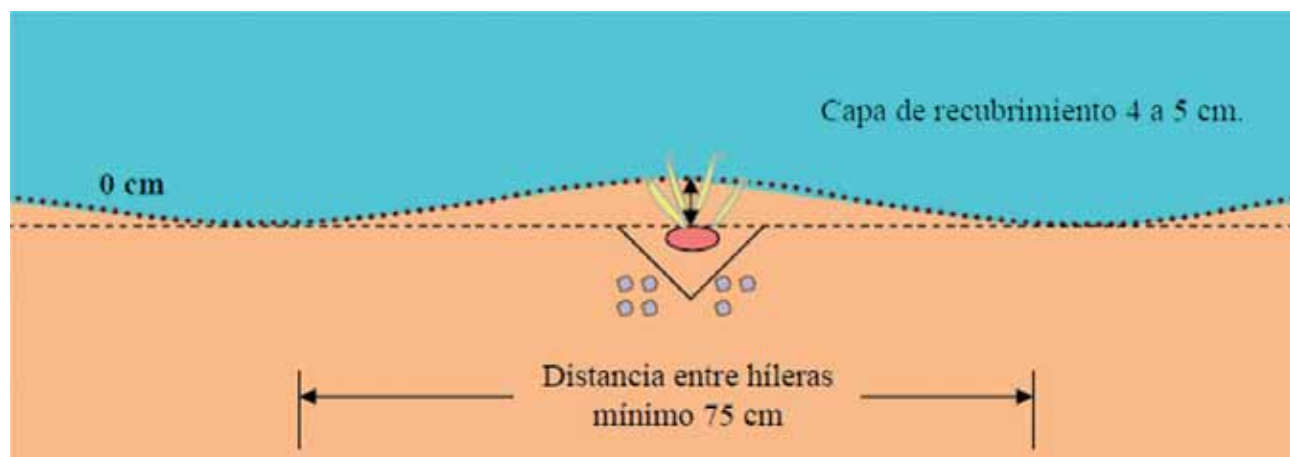


Figura 2 . Profundidad de plantación definitiva

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 este 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 aumento de la temperatura superficial del suelo en la zona de semilla.

- Brotación y emergencia rápida.
- Control de las malezas brotadas

7.2 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 favo-





rece 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 3).

El realizar esta labor implica que 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.

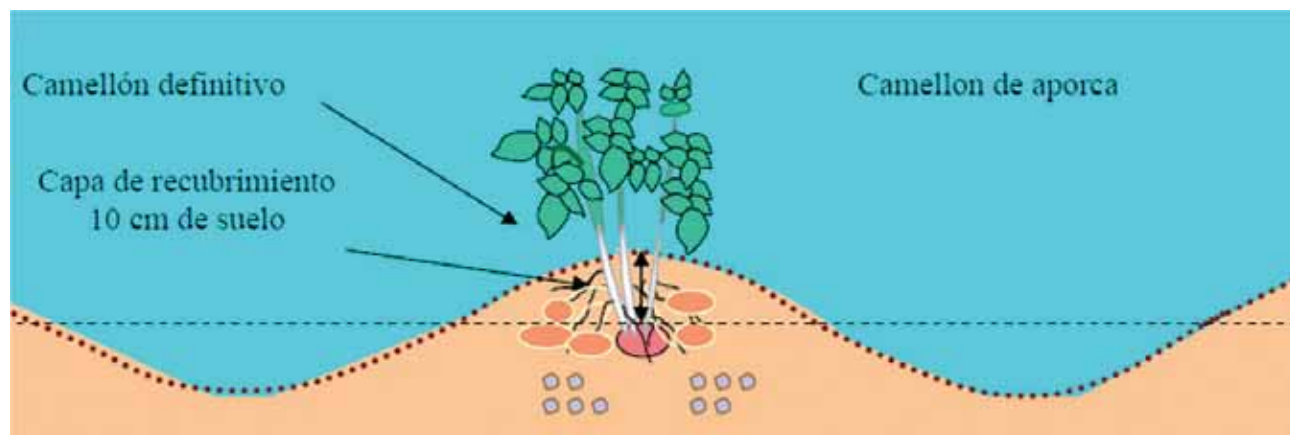


Figura 3. Aporca

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

sos 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 el tubérculo. Sin embargo, bajo condiciones de crecimiento rápido de éstos, se producen agrietamientos en el suelo, exponiéndolos a la infección.





7.2.1 Tipos de aporca.

Aporca manual: Se realiza utilizando herramientas manuales como azadones, gualatos y raspadores, picando el suelo de la entrehilera 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 pre aporca, 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 estos:

- 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.

El apretado del suelo le da más estabilidad al camellón, evitando su desmoronamiento, incluso con uso de riego por aspersión, y disminuyendo por lo tanto el verdeo del tubérculo.

7.2.2 Momento de realizar la aporca.

Su realización dependerá del estado del cultivo, del objetivo del cultivo, del manejo y de la disponibilidad de implementos y maquinaria. De este modo, cada agricultor determinará cuantas 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 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 solo 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 desarrollo. 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.

7.3 MALEZAS EN PAPA.

7.3.1 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 del cultivo. Inclusive las plantas que cultivamos pueden ser malezas en ciertas circunstancias. No es un concepto rígido, ya que se estima como maleza a toda planta que crece en un lugar donde el hombre no desea que lo haga, en otras palabras, «toda planta que crece fuera de lugar». Otra definición de maleza optimista es «toda planta a la que aún no se le ha encontrado utilidad».

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

7.3.2 Desventajas de las malezas.

- Compiten con el cultivo en luz.
- Compiten con el cultivo en espacio.
- Compiten con el cultivo en agua.
- Compiten con el cultivo en nutrientes.

- Dificultan la labranza de la tierra.
- Dificultan la cosecha y el secado de los productos.
- Transmiten una gran variedad de enfermedades.

7.3.3 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:** Denominadas de igual manera de Hoja Ancha.

7.3.4 Efecto de las malezas en el cultivo de 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 so-





bre 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 cose-

cha incrementando el número de tubérculos remanente 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 transmite algunas enfermedades virales muy dañinas, incluyendo el enrollado de las hojas y el mosaico.



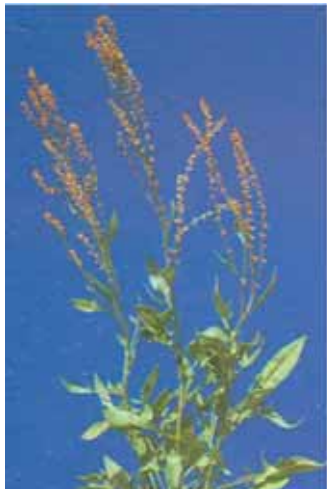
Quinguilla



Ñilhue



Duraznillo



Vinagrillo



Bolsita del Pastor



Chamico

Fuente Espinoza N INIA Carillanca

Figura 4. Malezas comunes en papa.





7.3.5 Período Crítico de competencia.

Un período crítico de competencia de malezas en el cultivo de papa, es durante los primeros 25 días del cultivo, por tal razón éstas se deben controlar antes de la emergencia.

Un segundo período de competencia se presenta previo a la floración. Es el 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.

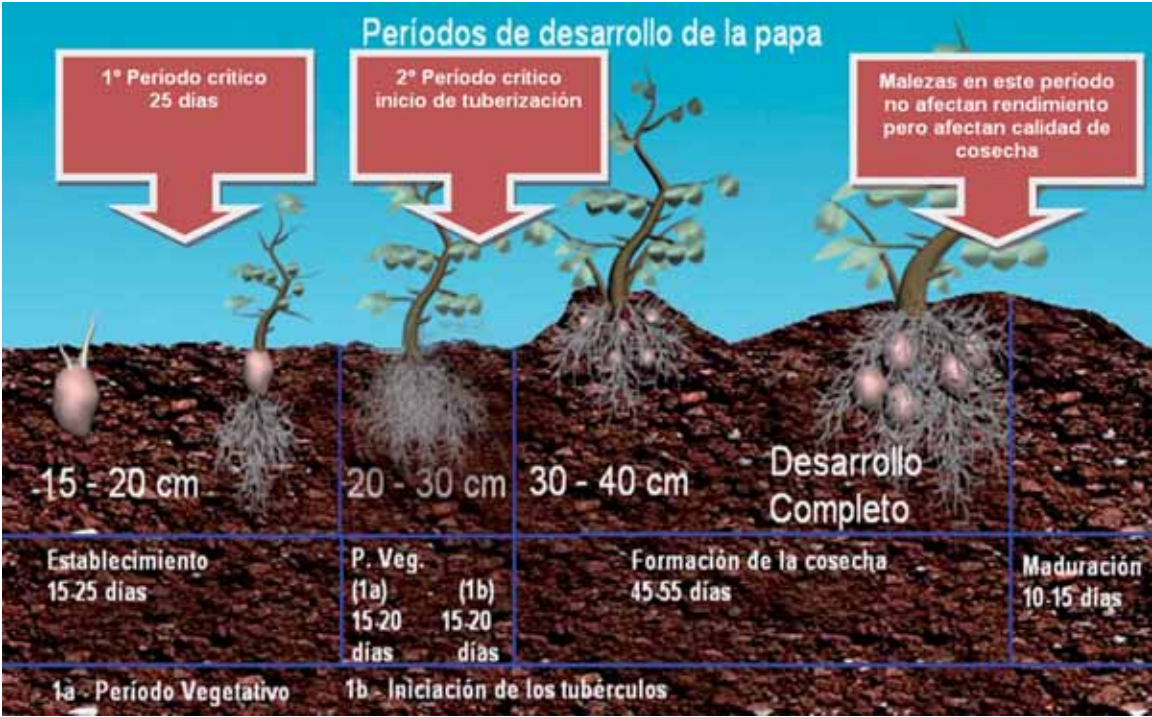


Figura 5 Períodos críticos cultivo de papa versus malezas

7.4 CONTROL DE MALEZAS

7.4.1 Métodos de control de malezas

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

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.

7.4.2 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 rastrajes 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.

7.4.3 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 que no sean tóxicos a las plantas ni a los consumidores de papa.

7.4.3.1 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: presembrado, 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, 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.

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.

7.4.4 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.

Ejemplo comerciales de Metribuzina: Sencor, Bectra, Metriphar, entre otros.

7.5 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 realiza 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.

7.6 Barbecho Químico.

El barbecho químico es una técnica consistente en la aplicación de un herbicida no selectivo que tiene por objetivo final de iniciar una preparación de suelos libre de malezas que dificulten esta acción.

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.

7.6.1 Herbicidas más utilizados en Barbecho Químico.

Glifosato: Herbicida sistémico, no selectivo, posee diferentes nombres comerciales, controla gramíneas y hoja ancha.

Paraquat: Herbicida de contacto, no selectivo, posee diferentes nombres comerciales, controla gramíneas y hoja ancha.

Otros Herbicidas que controlan solo hoja ancha: 2,4-D amina (varios nombres), 2,4-D éster (Esteron Ten Ten), Aliado, Ajax, Ally, Tordon 24-K.

7.6.2 ¿Cuándo sembrar después del barbecho químico?.

Al aplicar sólo Glifosato: No tiene efecto residual; se puede sembrar inmediatamente después de la aplicación; normalmente los agricultores los realizan 3-4 semanas después de la aplicación.

Al aplicar Glifosato más alguna sulfonilurea: Debido al efecto residual, dependerá del cultivo a sembrar. Al ser alguna leguminosa la siembra puede realizarse a partir de 30 días después de la aplicación.

El movimiento de suelo posterior a la aplicación del barbecho químico, se puede realizar a partir del segundo a tercer día, si la maleza existente proviene de semilla con poco desarrollo. Por otro lado si existen malezas viejas, anuales y perennes, el movimiento debe realizarse a partir de los 7 días posteriores a la aplicación.

Tabla 1. Alternativas de herbicidas utilizados en papa

Nombre común 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





LINUREX 50 WP (1,5-3 Kg/ha) LINUREX 50 SC (1,5-3 lt/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, bleo	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

Bibliografía

Espinoza N. 1996. Malezas Presentes en Chile. INIA. pp 327.

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, Mexico.



