

Fascículo 1.1

Aspectos socio-económicos de la producción y distribución de los tubérculos-semillas de papa en América Latina y el Caribe

Hugo Fano Rodríguez

Introducción

En los últimos 15 años se ha observado un constante incremento de las actividades de capacitación, promoción y desarrollo de la producción tecnificada de los tubérculos-semillas de papa en la mayoría de los países en desarrollo. En América Latina y el Caribe este esfuerzo está orientado a lograr la autosuficiencia en el abastecimiento de semilla de “calidad” y, de este modo, reducir los elevados costos de la importación.

Este documento tiene por objetivo presentar algunos de los principales resultados agroeconómicos de la producción y distribución de los tubérculos-semillas de "calidad" obtenidos a través de los programas formales de producción y distribución de semilla.

En la primera parte se evalúa la importancia de la papa en América Latina y el Caribe en relación con el resto del mundo y se comparan las brechas de productividad entre las regiones desarrolladas y las regiones en desarrollo, además de evaluar algunas variables económicas de la producción interna y del comercio exterior de la papa. En la segunda parte se muestra la evolución de la producción y distribución de los tubérculos-semillas, aprovechando la abundante información que se ha generado en los últimos 10 años, especialmente a través de los investigadores locales de las redes regionales que fueron auspiciados por el Centro Internacional de la Papa.

Es evidente que se está alcanzando la autosuficiencia en la producción de semilla, pero también es cierto que se requieren más datos experimentales y a nivel de finca para estimar con mayor precisión el beneficio de reemplazar la semilla "corriente", que proviene de los sistemas informales, con la semilla "certificada", obtenida por los programas formales de producción y distribución de tubérculos-semillas. Este quizá es el reto que compete a las nuevas generaciones de investigadores y extensionistas latinoamericanos en papa.

La Papa en América Latina y su Importancia en el Mundo

Situación de América Latina en el mundo

La papa (*Solanum tuberosum*), originaria de América, se ha difundido en casi todo el mundo y se ha adaptado a la mayoría de las zonas agroecológicas. Como puede observarse en el Cuadro 1, en 1993 se cosecharon 18 millones de hectáreas de papa en el mundo, de las cuales apenas el 9% corresponde al continente americano. Los países de América del Centro y del Sur (en vías de desarrollo, según la FAO) cosecharon tan sólo el 6% de esta superficie anual total. El continente productor más importante es Asia, que cosechó el 29%, seguido por Europa (23%), América del Sur (5%), África (4%), América del Norte y del Centro (4%) y Oceanía (que no llega al 1%).

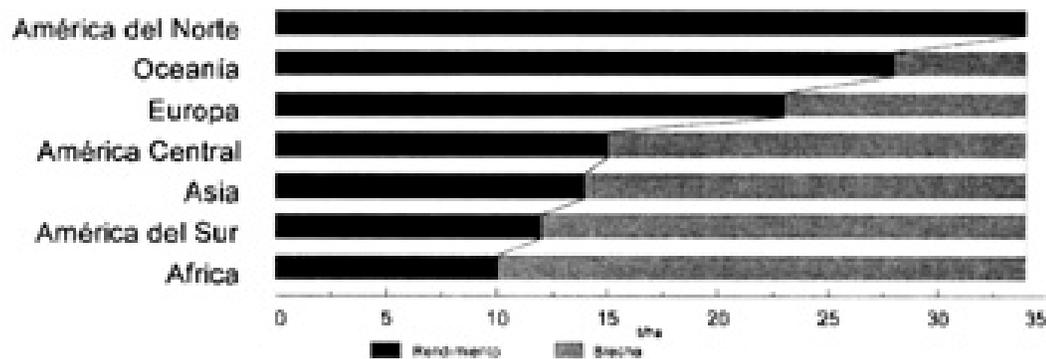
Cuadro 1 Área, producción y rendimiento de la papa en 1993 según las regiones consideradas por la FAO.

Continente/Región	Área (000 ha)	Producción (000 t)	Rendimiento t/ha
Mundo	18,133	288,183	16
África	780	7,496	10
América del Norte y del Centro	767	24,008	31
Desarrollado	658	22,357	34
En desarrollo	110	1,652	15
América del Sur	927	11,219	12
Asia	5,213	70,451	14
Europa	4,088	95,703	23
Oceanía	49	1,392	28

Fuente: FAO. Anuario de producción 1993, v. 47, Roma, Italia, 1994.

Entre las distintas regiones productoras del mundo hay una gran diferencia en cuanto a la productividad de la papa. En América del Norte el rendimiento promedio es el más alto (34 t/ha) y en Africa el rendimiento promedio es el más bajo (10 t/ha). Entre ambos extremos, en orden descendente, se ubican Oceanía, Europa, América Central, Asia y América del Sur.

Si comparamos los rendimientos de los países en desarrollo del hemisferio sur con los países desarrollados del hemisferio norte, observamos una brecha de 12 t/ha, que constituye aproximadamente el 48% del rendimiento promedio obtenido en los países desarrollados (Figura 1).

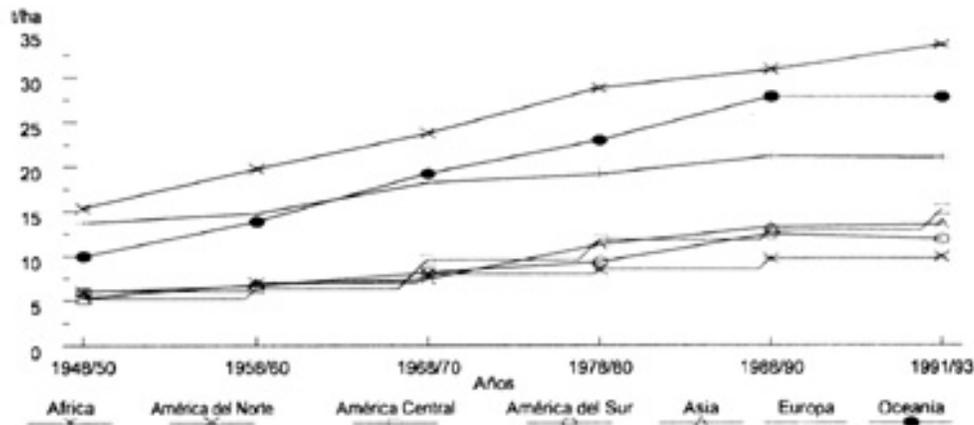


Fuente: FAO. Anuario de Producción 1993. v. 47. Roma, Italia, 1994.

Figura 1 Brechas de productividad entre las regiones del mundo.

Entre América Central, Asia, América del Sur y Africa las brechas no son tan grandes. Pero cuando estas regiones se comparan con Europa, Oceanía y América del Norte, esta brecha es de 19 t/ha o más, es decir, mucho más que los rendimientos promedio de los países en desarrollo, como puede verse en la Figura 2. Las razones que explican esta brecha tan amplia son climáticas, tecnológicas y varietales. Por ejemplo, los países andinos poseen una amplia zona de producción que depende de las lluvias, las que afectan el potencial productivo de la papa. Otro ejemplo interesante es la producción de *Solanum tuberosum* subsp. *andigena* en los países andinos de América del Sur, en contraste con la producción de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* en los países del hemisferio norte.

Entre los factores tecnológicos, uno de los más importantes es la calidad de la semilla. En los países desarrollados las tasas de multiplicación de semilla son altas y en todos los casos se dispone de un plantel de producción de semilla prebásica y básica que garantiza la calidad del material certificado. En los países en desarrollo sucedía todo lo contrario, aunque en los últimos 10 años se han logrado avances significativos en el sistema formal de producción de semilla que han reducido las brechas de productividad.



Fuentes: 1948 a 1985: FAO. Estadísticas agropecuarias mundiales, 1948-1985. Roma, Italia, 1987
1986 a 1990: FAO. Anuario de producción, 1990. v. 44. Roma, Italia, 1991.
1991 a 1993: FAO. Anuario de producción, 1993. v. 47. Roma, Italia, 1994.

Figura 2 Rendimientos promedio de la papa por regiones, 1948/1950-1991/1993.

América Latina ha mejorado sustancialmente sus rendimientos. Entre 1948 y 1950 y entre 1991 y 1993 los países de América Central han incrementado sus rendimientos en 2.9 veces, mientras que los países de América del Sur lo han hecho en 2 veces. Este incremento es muy importante si lo comparamos con América del Norte donde los rendimientos aumentaron 2.2 veces o con Europa donde se incrementó en apenas 1.5 veces. Entre 1978-1980 y 1991-1993 los países de América del Sur y Centro incrementaron sus rendimientos en 1.3 veces, mientras que los países de América del Norte y Europa lo hicieron en 1.1 veces. Si bien la tendencia mundial es a mejorar los rendimientos, la región de América Latina es la que está creciendo a una tasa ligeramente mayor, especialmente en los últimos 15 años, desde que empezaron los programas formales de semilla.

Situación de los Países de América Latina

La producción de papa en esta región se caracteriza por una clara distribución geográfica de las subespecies de papa. En todos los países de América Central, incluida Venezuela, se siembra *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*. En los países andinos de América del Sur, como Colombia, Ecuador y Perú se siembra *Solanum tuberosum* subsp. *andigena*. En Bolivia, también un país andino, se siembran ambas subespecies. Finalmente en los países del “cono sur” —Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay y Brasil— se siembra *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*.

Esta distribución geográfica de las subespecies de papa ha influido significativamente en el comercio exterior de este tubérculo en la región y, sobre todo, en el intercambio de semilla entre los países (involucrando a los países desarrollados). Pero también los factores climáticos, sociales y económicos permiten evaluar la situación de la producción de papa en estos países y la importancia de la semilla.

Para facilitar la evaluación es necesario clasificar a los países de América Latina en tres subregiones: 1) América Central y el Caribe, 2) Subregión andina, y 3) Cono sur. En la Subregión andina se incluye a Venezuela (productor de la subsp. *tuberosum*) y a Bolivia (productor de ambas subespecies).

Las condiciones climáticas en el trópico y subtropico son muy variadas y extremas. En América Central y el Caribe la principal limitación climática es la alta temperatura de muchas de sus zonas de producción agrícola, lo cual limita el área sembrada con este tubérculo. En la subregión andina la frecuencia y distribución de las precipitaciones limitan en gran parte la producción de papa, aunque otros factores como la altitud, las heladas (descenso violento de la temperatura) y la pendiente limitan no sólo la producción, sino sobre todo la productividad (rendimiento). Algunos países del cono sur, como Chile y Argentina, tienen limitaciones para producir papa durante todo el año debido a los fuertes cambios producidos por las estaciones climáticas.

Económicamente, el volumen de papa producido en el cono sur o en la subregión andina es cinco veces más que el volumen de papa producido en América Central y el Caribe. Los países productores más importantes son Brasil y Argentina en el cono sur, Colombia y Perú en la subregión andina y México en América Central y el Caribe. En cuanto a productividad, tanto el cono sur como América Central y el Caribe obtienen rendimientos superiores a las 15 t/ha, en contraste con la subregión andina que apenas alcanza las 10 t/ha en promedio. Los países con más alta productividad son Argentina, Chile y Brasil en el cono sur, Colombia y Venezuela en la subregión andina y Costa Rica, Honduras, Panamá, México y Cuba en América Central y el Caribe.

En toda la región, la mayoría de los países han incrementado sus rendimientos. Tanto el cono sur como América Central y el Caribe han crecido a una tasa anual superior al 2%, mientras que la subregión andina ha crecido a una tasa de 1.5% anual en los últimos 30 años. Los países que han experimentado un incremento significativo en la productividad están en América Central. Es el caso de Honduras, Costa Rica y Nicaragua. Entre los países que menos han crecido están Cuba, El Salvador y Bolivia. Algunos países como Haití, Jamaica y Ecuador han experimentado un descenso en sus rendimientos, especialmente Haití. El resto de países ha crecido a una tasa anual moderada, especialmente los de la subregión andina.

Estos cambios son el resultado, en gran medida, del cambio tecnológico. Nuevas variedades, mejoras en el uso de fertilizantes, en el manejo adaptado del cultivo y en la calidad de la semilla han conducido a un aumento en los rendimientos. Muchos países latinoamericanos han empezado a desarrollar sus sistemas formales de semilla, lo que también ha contribuido a incrementar sus rendimientos.

Pero no todos los países valoran por igual el consumo de la papa. Tanto los países de la subregión andina como algunos del cono sur son importantes consumidores de papa, más de 50 kg por persona al año, con excepción de Ecuador, Venezuela, Brasil, Uruguay y Paraguay. Los países de América Central y Caribe, por el contrario, le dan menos importancia al consumo de la papa. Casi todos consumen entre 1 y 10 kg al año por persona, con excepción de Cuba que consume 20 kg. Esta menor importancia se debe al papel básico del maíz y de otras raíces como la yuca en la alimentación diaria de los habitantes de estos países.

Cuadro 2 Producción, rendimiento, consumo y comercio exterior de la papa en América Latina, por subregiones y países.

Subregión y país	1991-1993		1991/93-1991/93 Tasa anual de crecimiento		1999-1990 Consumo anual	1991-1993 Comercio exterior (000 t)		
	Prod (000 t)	Rend (t/ha)	Prod (%)	Rend (%)	Per cápita (kg)	M	X	X-M
América Latina	12.203	12	1.9	1.9		297.3	74.0	-223.3
América Central y el Caribe	1.675	15	3.9	2.1		174.5	18.6	-155.9
México	1.217	16	4.0	2.5	10	29.4	1.0	-28.4
Cuba	231	15	2.9	1.0	20	34.7	0.9	-33.8
Costa Rica	57	25	4.1	3.6	10	0.3	0.5	0.2
Guatemala	48	6	3.9	1.2	0	0.1	10.6	10.5
R. Dominicana	33	13	5.1	1.8	0	0.0	0.0	0.0
Nicaragua	25	14	10.7	4.2	s.d.	9.7	0.0	-9.7
Honduras	21	21	7.8	4.9	2	0.3	4.8	4.5
Panamá	18	18	3.1	2.0	7	0.7	0.0	-0.7
El Salvador	8	8	2.3	0.8	s.d.	18.6	0.0	-18.6
Haití	8	8	3.3	-2.2	1	s.d.	s.d.	s.d.
Jamaica	7	7	-0.8	-0.1	3	0.8	0.0	-0.8
Subregión andina	5.112	10	2.0	1.5		91.5	46.5	-45.0
Colombia	2.455	15	4.4	1.3	60	0.4	45.3	44.9
Perú	1.308	8	0.2	1.4	60	7.8	0.2	-7.6
Bolivia	694	6	0.9	0.6	60	0.2	0.0	-0.2
Ecuador	440	8	1.5	-0.5	30	0.0	0.0	0.0
Venezuela	215	14	2.5	2.1	10	83.1	1.0	-82.1
Cono Sur	5.446	15	1.4	2.3		28.9	8.5	-20.4
Brasil	2.355	14	2.6	3.0	10	8.3	0.2	-8.1
Argentina	1.995	17	0.8	2.0	70	0.7	6.3	5.6
Chile	931	15	0.4	1.8	50	0.0	0.4	0.4
Uruguay	174	10	1.6	2.1	30	19.8	1.6	-18.2
Paraguay	1	5	-4.2		1	0.1	s.d.	s.d.

s.d. sin datos
M Importación
X Exportación
X-M Balanza comercial

Fuentes: FAO. Unidad básica de información, estadísticas no publicadas.
World Bank. World Development Report, 1994.

Al revisar los datos de importación y exportación de papa pareciera, en un inicio, que este comercio internacional se manejara independientemente de la producción y el consumo. Países como México, por ejemplo, importan alrededor de 29 mil toneladas de papa al año y consumen 10 kg por persona en este mismo período, consumo que es aparentemente satisfecho por la producción. Sin embargo, este alto

volumen importado no tiene por objetivo satisfacer la demanda interna del producto fresco, sino que se realiza para satisfacer la demanda de semilla (la mayor parte) y de papas procesadas.

Un caso parecido es el de Cuba que llegó a importar hasta 35 mil toneladas al año en el período 1991-1993. En menor medida, aunque considerable, es la importación de 19 mil toneladas de papa por El Salvador para este mismo período. Todo lo contrario sucede en países como Guatemala y Honduras que exportan 11 y 5 mil toneladas de papa al año respectivamente, mayormente como semilla, a los países vecinos —Nicaragua, El Salvador y Panamá.

En la subregión andina, Venezuela es también un gran importador de papa (83 mil toneladas al año), gran parte de ella proviene de Holanda y Canadá, especialmente para satisfacer su alta demanda de semilla. Colombia es, por el contrario, un país exportador de papa para consumo; en el período 1991-1993 llegó a exportar en promedio 45 mil toneladas de papa al año, prácticamente el 2% de su producción.

Entre los países del cono sur, Uruguay y Brasil son los países que importan tubérculo-semilla para satisfacer su demanda interna. Sus principales abastecedores son Canadá y algunos países de Europa, especialmente Holanda. Argentina, por el contrario, está dejando de ser un país importador para convertirse en un país exportador de tubérculo-semilla. Sus principales clientes son sus países vecinos —Uruguay, Paraguay y Brasil. Este intercambio internacional de papa entre el norte y el sur (como sucede también en algunos países centroamericanos) se debe a la siembra de la subespecie *tuberosum*.

En términos generales, como puede observarse en el Cuadro 2, la región presenta una balanza comercial negativa de 223 mil toneladas de papa al año, concentradas principalmente en América Central y Caribe. Las otras dos subregiones presentan un déficit comercial (en términos físicos) de 20 mil y 45 mil toneladas anuales. Sin embargo, esta situación es mucho mejor que la que se apreciaba hace 15 años. Aunque no se dispone de cifras registradas, la apreciación es que la importación de tubérculo-semilla de Canadá y Holanda era mucho mayor que la actual, especialmente en los países del cono sur, incluyendo Chile.

Esta ligera mejora en la balanza comercial está acompañada por un incremento de la productividad en casi todos los países. Algunos países centroamericanos en los últimos 30 años han crecido a tasas anuales superiores a su crecimiento poblacional. Lo mismo puede decirse de los países del cono sur, con excepción de Paraguay. Los países andinos son los que menos han incrementado sus rendimientos, con excepción de Venezuela (productor de la subespecie *tuberosum*) que se ha comportado como un país caribeño.

El Tubérculo-Semilla de Papa en América Latina

La semilla como destino de la producción

Cada una de las subregiones de América Latina usa su disponibilidad interna de papa (restando lo exportado y sumando lo importado) principalmente en la alimentación de su población. Un porcentaje muy bajo se destina a la alimentación del ganado. Sin embargo, un porcentaje importante de dicha disponibilidad es desperdiciado, ya sea por el deterioro en la manipulación o por un mal almacenamiento. En los países andinos este desperdicio alcanza el 11% de la oferta anual, aunque probablemente se esté incluyendo un volumen importante de papa procesada artesanalmente.

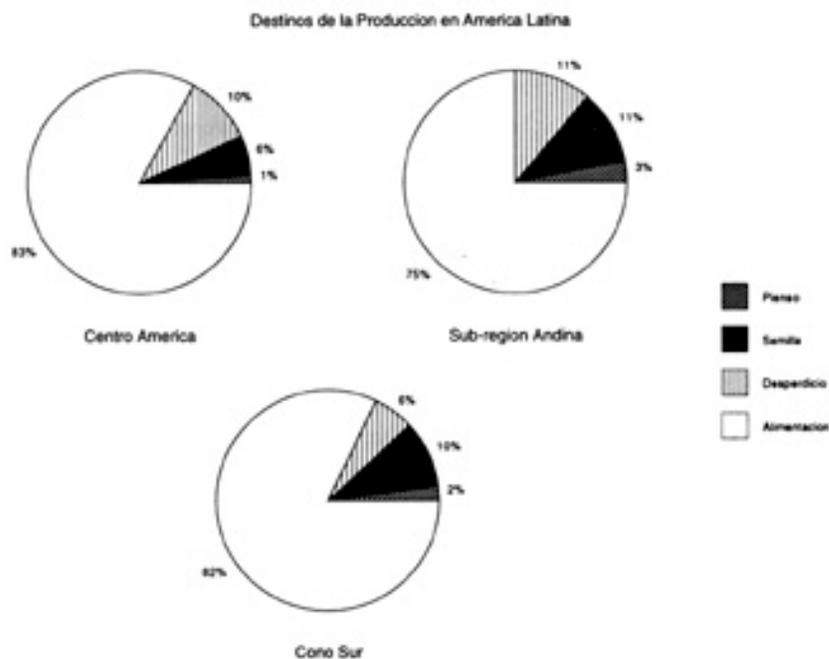


Figura 3 Distribución porcentual de la disponibilidad interna de papa:

La semilla constituye un importante destino de la producción de papa. Cada una de las subregiones de América Latina vuelve a sembrar un décimo de su disponibilidad anual de papa en cada subsiguiente campaña. En términos físicos, cada año se emplean como semilla 90 mil toneladas de papa en América Central y el Caribe, 611 mil en la subregión andina y 501 mil en el cono sur.

Los países que emplean los más altos volúmenes de tubérculos-semillas son Brasil, Bolivia, Perú y Colombia, aunque son los países con mayor superficie cosechada de papa. En términos porcentuales, Bolivia emplea en semilla el 28% de su disponibilidad interna de papa, seguido por Guatemala (17%) y Brasil (15%).

Los países que destinan un menor porcentaje de su disponibilidad a la semilla son Argentina (5%), Colombia (6%) y México (6%), los cuales en los últimos años han mejorado sus sistemas de producción y distribución de semilla. El caso opuesto es Bolivia, un país que demoró en iniciar el mejoramiento de su sistema de semilla.

La situación de la oferta de semilla en América Latina

En términos más específicos, la semilla aún es una limitación a la producción de papa en América Latina y el Caribe. Este problema se expresa bajo dos aspectos: 1) baja disponibilidad, y 2) mala calidad de los tubérculos-semillas.

Un sinónimo de la baja disponibilidad es el déficit anual de semilla que los países de la región tienen que solucionar (Cuadro 3). Aunque las estadísticas de la FAO no registran el autoconsumo de semilla practicado por los pequeños agricultores, las cifras que presentan son una aproximación a la oferta corriente (oferta actual) de tubérculo-semilla. Considerando una densidad de siembra promedio de 1.5 t/ha en la región, se puede estimar, a partir del área cosechada, la cantidad de tubérculo-semilla solicitada (demanda potencial). La diferencia entre la oferta actual y la demanda potencial constituye el déficit estimado de tubérculo-semilla.

Cuadro 3 Estimación de los déficits de semilla en América Latina y el Caribe (000 t).

Subregión	Demanda potencial	Oferta actual	Déficit estimado
América Latina y el Caribe	1,556	1,202	-354
América Central y el Caribe	165	90	-75
Subregión andina	845	611	-234
Cono Sur	546	501	-45

Demanda potencial = Área 1992 en ha x 1.5 t/ha

Oferta actual = Producción 1992 en t x % semilla /100

Déficit estimado = Oferta actual-Demanda potencial

Fuente: FAO. Estadísticas no publicadas. 1995.

En un estudio de mercado realizado en 1978 se estimaba que los países de América del Sur, importadores de tubérculo-semilla de Canadá y Holanda, compraron en promedio 48,500 toneladas anuales. Estos países importadores son Venezuela, Uruguay, Brasil y Argentina (Rojas y Schilling, 1978).

Para fines de los años 70 la mayoría de los países sudamericanos habían avanzado en el desarrollo de sus propios programas de producción de tubérculo-semilla. Para 1978 se estimaba que el conjunto de seis países seleccionados de América del Sur (Perú, Brasil, Argentina, Chile, Uruguay y Venezuela) producían un promedio de 107 mil toneladas de tubérculo-semilla de "cierta calidad", llamada, según el país, "certificada", "garantizada", "fiscalizada", "controlada", etc. (Rojas y Schilling, 1978).

Avances en la Producción Formal de Tubérculos-Semillas

La mayoría de los especialistas en semilla en América Latina y el Caribe coinciden en señalar dos sistemas de oferta de semilla en el mercado: el sistema tradicional o informal y el sistema formal (Monares, 1988). En el sistema informal, los agricultores usan su propia semilla u obtienen semilla de otro agricultor, suponiendo que los lugares de donde la compran producen semilla de mejor calidad. Estos flujos tradicionales de semilla están basados a menudo en interpretaciones empíricas y no en factores técnicos de calidad. El sistema formal es mucho más reciente en la mayoría de los países de América Latina. El programa de semilla de papa más antiguo de América Latina es el de México y el más reciente el de Bolivia.

“En 1975-1976 en América Central y el Caribe sólo había tres programas informales de tubérculo-semilla: uno en Guatemala, basado en la multiplicación de materiales locales introducidos desde México, otro en Costa Rica fundamentado principalmente en importaciones de Guatemala y algunas veces de México, y el tercer programa conducido en República Dominicana, basado en multiplicaciones de material importado de Alemania y Canadá. En esa época, Cuba, así como otros países del área: — Panamá, Nicaragua, Honduras, El Salvador y todas las islas del Caribe—, importaban cada año tubérculo-semilla de Canadá, Holanda y EE.UU. para producción de papa consumo” (Hidalgo, 1989).

En México se logró reemplazar en un 100% la semilla de categoría fundación importada que era empleada en la obtención de semilla prebásica, básica y certificada o registrada. Se mejoró la tasa de reproducción al cambiar la selección clonal por plantas de cultivo in vitro y combinarlas con diferentes tecnologías de multiplicación rápida. Se mejoró la calidad de la semilla con el uso de las técnicas serológicas de detección de virus.

Algunos países del cono sur como Argentina, Chile y Uruguay, así como Venezuela de la subregión andina tuvieron amplia experiencia en la importación de semilla de Holanda y Canadá de la subsp. *tuberosum*, tanto para reproducirla por 2 ó 3 generaciones como semilla prebásica y básica, como para emplearla como material de siembra. Esta experiencia fue muy útil para establecer sus futuros programas de producción y distribución de semilla con fines de auto-abastecimiento (Hidalgo, 1989).

En Venezuela, por ejemplo, la demanda por semilla certificada importada de Canadá, Holanda, Alemania y Colombia entre 1977-1984 varió entre 16 mil toneladas y 30 mil toneladas anuales. Las importaciones de Colombia son exclusivamente para la siembra en la zona andina de Venezuela (subsp. *andigena*). Cuando no es posible adquirir semilla importada, se emplea la semilla certificada nacional de los estados de Mérida y Táchira, generalmente en la segunda época de siembra en los estados andinos. La producción de semilla certificada nacional se inició en 1966 y fue incorporando paulatinamente nuevas áreas paperas (Cuadro 4).

Cuadro 4 Rendimientos de la semilla certificada y común en Colombia.

Region	Año	Variiedad	Certificada	Común	Diferencia
Boyacá	91	P. Pastusa	27.7	26.0	1.7
	92	P. Pastusa	24.5	24.1	0.4
Cundinamarca	91	P. Pastusa	15.6	12.8	2.8
Nariño	91	P. Pastusa	30.2	27.0	3.2
	92	P. Pastusa	41.4	36.0	5.4
Antioquia	91	Puracé	38.0	21.9	6.1
	92	Puracé	23.3	13.4	9.9
	91	Capiro	16.3	16.5	0.2
	92	Capiro	13.6	14.4	0.8

Fuente: O. Hidalgo. Manuscritos personales.

A pesar de este esfuerzo de certificación para el autoabastecimiento nacional de semilla en Venezuela, apenas si se llega a cubrir el 1% de la demanda anual de semilla. Las técnicas in vitro y de multiplicación rápida están mejorando la producción de los tubérculos-semillas. En los últimos años, Venezuela ha desarrollado con éxito un programa de tubérculo-semilla de categoría prebásica, aunque continúa siendo un país dependiente de grandes volúmenes de material importado.

Colombia es también un caso interesante del desarrollo de un programa formal de producción y distribución de tubérculo-semilla. El primer intento que hizo este país en la certificación de semilla fue en 1949. El segundo lo hizo en 1956 iniciando un programa de multiplicación de tubérculo-semilla en Cundinamarca. En 1966 se inició la tercera experiencia con la variedad ICA-Puracé y se logró la multiplicación de semilla de las categorías básica, registrada y certificada, llegando a producir 3,835 toneladas de categoría certificada que beneficiaron a 2,384 agricultores entre 1967 y 1972. En 1973 se inicia el cuarto esquema de producción de semilla a través de la "limpieza" de virus de las principales variedades comerciales (Corzo et al., 1991). Este esquema de producción fue la base de un programa que posteriormente se desarrollaría y mejoraría (Cuadro 5).

En el período 1985-91 se produjeron 187,362.5 kilogramos de tubérculos-semilla de categoría básica. Entre 1955 y 1990 se lograron 10'574,264 kilogramos de tubérculos-semillas de categoría certificada. Actualmente, Colombia es el único país andino que exporta semilla a Venezuela para la siembra en la zona andina. Sólo en 1985 se produjeron 838 toneladas de tubérculo-semilla de categoría certificada, ampliamente superadas en 1990 con 2,994 toneladas.

Cuadro 5 Rendimientos, costos de semilla e ingresos netos del uso de tres diferentes categorías de semilla en Chile.

Variable	Certificada	Fugada	Corriente
Zona Norte			
Rendimiento (t/ha)	27.6	20.8	18.1
Costo de semilla (000 \$/ha)	27.7 { +18} [+57]	23.5	17.6
Ingreso neto (000 \$/ha)	281.7 { +34} [+53]	194.9	171.5
Zona Central			
Rendimiento (t/ha)	19.2	17.2	16.2
Costo de semilla (000 \$/ha)	28.1 { +14} [+64]	24.6	17.1
Ingreso neto (000 \$/ha)	135.4 { +10} [+17]	122.9	115.3

Fugada: tubérculos que son fugas del proceso de certificación.

{ } Porcentaje de incremento con relación a la "fugada".

[] Porcentaje de incremento con relación a la "corriente".

Fuente: Monares et. al., 1988.

Impacto de los Programas de Tubérculo-Semilla

Mencionaremos tres tipos de impacto: 1) sobre la calidad, 2) sobre la productividad, y 3) sobre los ingresos netos de los productores. El primero se observa en la mejora de la calidad del alimento, es percibido por los

agricultores y consumidores y, en el futuro, debería expresarse en una mejora de los precios y del consumo. El segundo está directamente relacionado con los rendimientos promedio que un agricultor puede obtener y que, adicionalmente, tiene un impacto en los ingresos de los agricultores. Pero éste último impacto también es el resultado de la valoración de los costos promedio de producción.

Resultados experimentales a nivel de finca prueban la mejora de los rendimientos al emplear semilla de categoría certificada en relación con la semilla del agricultor (común o corriente). En Colombia, por ejemplo, los rendimientos se incrementaron de 0.4 a 16.1 t/ha, según la variedad y la zona (Cuadro 6). En Chile, zona sur, los incrementos fueron de hasta de 5 t/ha, pero también hubo casos de semilla corriente que lo superaron (disminuyó hasta en 3.3 t/ha). En varias localidades del Perú también se incrementó el rendimiento aunque en ningún caso fue estadísticamente significativo.

Estos resultados muestran que no siempre el empleo de semilla certificada garantiza un incremento significativo en los rendimientos que justifique la mayor inversión del agricultor. Los factores que pueden explicarlo son muchos y, como se comprobó en estudios realizados en otras zonas en desarrollo, la organización administrativa, el planeamiento y la distribución influyen en los resultados.

Algunos investigadores de semilla de papa manifiestan que se necesitan más evidencias empíricas para probar la hipótesis de que, "en los países en desarrollo, los sistemas oficiales de producción de semilla certificada producen y distribuyen una semilla de superior calidad que la que producen muchos buenos agricultores del país" (Monares, 1988).

En un estudio detallado en Chile se comprueba que el incremento de los costos de producción por el uso de la semilla de categoría certificada es compensado por un incremento de los rendimientos y, por lo tanto, un incremento en el ingreso neto. Es importante disponer de más estudios de este tipo, con el fin de medir el impacto que tendría la implementación de un programa formal de semilla de papa.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 7 fueron obtenidos experimentalmente y evaluados a precios corrientes (moneda nacional). En la zona norte, los costos de la semilla certificada se incrementan en relación con el uso de semilla "fugada" y corriente. Sin embargo, estos incrementos son menores o casi iguales al incremento que se obtiene en los ingresos netos al usar la semilla certificada. En la zona sur los costos se incrementan en un porcentaje mayor a la mejora de los ingresos netos. En otras palabras, si la mejora en los ingresos netos no supera ostensiblemente el incremento que se tiene en los costos por usar semilla de categoría certificada, el agricultor seguirá prefiriendo la semilla corriente o la semilla "fugada" del sistema informal. Por eso es muy importante mejorar la eficiencia del programa, para que las mejoras en calidad y rendimiento de la papa por sembrar semilla de categoría certificada evidencien un incremento porcentual del ingreso superior al incremento de los costos que tiene que pagar el agricultor.

Por lo tanto, hay evidencias de un mejoramiento en los rendimientos que conducen a un incremento de los ingresos netos del agricultor que adopta el tubérculo-semilla de categoría certificada. Los casos experimentales, donde los rendimientos no mejoran, o los casos en que los incrementos en los ingresos netos son menores o iguales a los incrementos en los costos de semilla, se deben a factores ajenos al

proceso de producción y distribución de la semilla que también deben controlarse para que un programa sea exitoso, especialmente en el aspecto institucional.

Conclusiones

Entre el mundo desarrollado y el mundo en desarrollo se abre una brecha de productividad que, en algunos casos, supera los rendimientos promedio de algunas regiones en desarrollo. Sin embargo, en los últimos 40 años los países en desarrollo han mejorado sus rendimientos a una tasa de crecimiento anual superior a la de los países desarrollados.

El crecimiento en la productividad experimentado por los países de América Latina y el Caribe están, en muchos casos, por encima del crecimiento promedio regional. En gran medida dicho crecimiento es explicado por una mejora en los sistemas de producción y distribución de la semilla. Esta situación ha permitido reducir los volúmenes de importación, por un lado, e incrementar la productividad por encima de las tasas de crecimiento poblacional. Los países andinos, con condiciones agroecológicas adversas, han limitado su crecimiento a tasas moderadas, aunque significativas.

La implementación de programas formales de producción y distribución de tubérculos-semillas ha reducido significativamente las importaciones de este insumo. En algunos países como México y Chile se ha logrado romper la dependencia en la semilla importada. En otros, su larga experiencia con importaciones de semilla ha facilitado la implementación de programas formales de producción y certificación de semilla de calidad, como en Uruguay, Argentina y Venezuela.

La tendencia de la producción de papa en los países de América Latina y el Caribe es a mejorar tanto en cantidad como en calidad. Las evidencias de incremento de los rendimientos comerciales de papa y de los ingresos netos de los productores de papa son prueba suficiente para continuar capacitando a los técnicos locales en la moderna tecnología de semilla. Algunos resultados contradictorios a nivel de finca también nos alertan sobre la necesidad de mejorar los factores institucionales para que esta tecnología sea aprovechada en todo su potencial.

Bibliografía Consultada

Corzo, P., O. Hidalgo y L. Luján. 1991. Documento base: Análisis de la situación de la producción de tubérculos-semillas en Colombia. En: Taller de trabajo, realidad y perspectivas sobre la producción y distribución de tubérculos-semilla de papa en Colombia.

Hidalgo, O. Progresos en la producción de tubérculos-semillas de papa en Latinoamérica. Revista Latinoamericana de la Papa 2 (1): 1-28.

Monares, A. 1988. Analytical framework for design and assessment of potato programmes in developing countries. En: The Social Sciences at CIP. International Potato Center. Lima, Perú. p. 247-261.

Monares, A. et. al. 1988. La papa en Chile: Tubérculos-semillas de categoría certificada. Lima, Perú. Centro Internacional de la Papa e Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile.

Monares, A. Sistemas de producción de semilla de papa: La experiencia colombiana. Lima, CIP. Monografía.

Ortega C., E. 1989. Producción de Semilla de Papa en Venezuela. En: PRACIPA. Taller sobre Producción y Comercialización de Papa. Paipa, Colombia. 25-27 Enero. p.125-151.

Santos Rojas, J. y J. Schilling Sining. 1978. Observaciones acerca de las posibilidades chilenas de captar mercados sudamericanos de papa-semilla certificada. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Remehue, Consorcio Agrícola del Sur y Agrollanquihue. Chile.

Fascículo 2.2

Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa

Patricio Malagamba

Una condición básica para obtener niveles de productividad elevados en un cultivo de papas es lograr que los tubérculos-semillas alcancen el “estado de brotamiento” más adecuado al momento de la siembra. Por lo tanto, las prácticas de manejo de poscosecha que se realicen con los tubérculos-semillas deben concentrarse en aquellos factores y condiciones que influyen en el desarrollo de brotes vigorosos, que luego emergerán sin demora y desarrollarán un follaje que cubrira rápidamente el área de cultivo. En general es necesario considerar dos factores estrechamente relacionados con la emisión de brotes: a) la variedad de papa, responsable principalmente de diferencias importantes en la duración del período conocido como “dormancia de los tubérculos” y b) la edad fisiológica del tubérculo-semilla, fuertemente influida por las condiciones de almacenamiento.

La dormancia es el estado durante el cual los tubérculos no brotan, aun bajo condiciones ambientales que en otras circunstancias serían favorables para un rápido brotamiento. Después de la formación del tubérculo de papa las yemas permanecen dormantes por un período de tiempo cuya duración puede ser de varios meses. En este estado, el crecimiento de los brotes no se puede medir aun cuando el tubérculo esté expuesto a condiciones favorables para brotar, tales como almacenamiento bajo oscuridad, temperatura de

15 a 20°C y una humedad relativa de 90%. El período de dormancia termina al iniciarse el crecimiento del primer brote. Para evaluar las diferencias entre variedades de papa se define el fin del período de dormancia cuando el 80% de los tubérculos (de una muestra mínima de 20 tubérculos de tamaño uniforme) han desarrollado uno o más brotes de por lo menos 3 mm de largo. El período de dormancia puede ser:

- dormancia total, que abarca desde la fecha de inicio de la tuberización en la planta y,
- dormancia poscosecha, que abarca desde el momento de la cosecha.

La longitud de ambos períodos la determina el inicio del brotamiento. El concepto de dormancia total es más preciso pero más difícil de determinar, de manera que para fines prácticos se usa la dormancia poscosecha.

La duración del período de dormancia es un factor determinante para definir el momento más oportuno para la siembra y, en muchos lugares, para seleccionar la variedad más recomendable. Es importante resaltar el riesgo que significa sembrar tubérculos–semillas que no hayan concluido su dormancia puesto que las plantas pueden emerger en forma irregular, con un solo tallo, o los tubérculos pueden desintegrarse en el suelo antes de emerger, ocasionando el fracaso del cultivo.

Diversos factores afectan la duración del período de dormancia:

- la variedad de papa
- las condiciones durante el crecimiento del cultivo
- la temperatura de almacenamiento
- los daños mecánicos ocasionados al tubérculo
- el grado de madurez del tubérculo al momento de la cosecha
- el tamaño del tubérculo–semilla.

La variedad de papa. La dormancia del tubérculo puede durar menos de un mes o varios meses, según la variedad. En general la duración del período de dormancia no está relacionada con la duración del ciclo vegetativo de una variedad. Por ejemplo, en una variedad precoz la duración de la dormancia no es necesariamente corta. Además, las variedades reaccionan en forma diferente al ambiente de almacenamiento, con respecto a la duración de su dormancia, lo que a su vez afecta el proceso de envejecimiento poscosecha del tubérculo–semilla (Cuadro 1).

Condiciones de crecimiento. Las condiciones bajo las cuales se producen los tubérculos–semillas afectan la duración del período de dormancia. Por ejemplo, las temperaturas altas, el bajo contenido de humedad y la baja fertilidad del suelo durante el crecimiento del tubérculo aceleran el desarrollo fisiológico y reducen el período de dormancia.

Temperatura de almacenamiento. Temperaturas altas de almacenamiento aceleran el proceso de envejecimiento fisiológico del tubérculo y por consiguiente reducen el período de dormancia. Sin embargo, en ciertas variedades una temperatura de almacenamiento fluctuante o un “shock frío” de dos a cuatro semanas (< 10°C) es más efectivo para acortar el período de dormancia que una temperatura alta constante.

Cuadro 1 Semanas transcurridas entre la cosecha y el inicio del brotamiento en algunas variedades británicas.

Variedad	Temperatura de almacenamiento		
	4.4°	10°	22.5°
Majestic	>28	12	8
Arran Viking	16	5	8
King Edward	16	6	5
Arran Pilot	12	5	5
Home Guard	12	5	3
Graig's Defiance	8	6	3

Fuente: Burton, 1963.

Definitivamente el ambiente de almacenamiento es uno de factores que más influye sobre la duración del período de dormancia. Normalmente la dormancia es más prolongada en tubérculos almacenados en ambientes fríos que en calientes y en tubérculos pequeños más que en grandes (Cuadro 2).

Cuadro 2 Efecto del peso del tubérculo y del ambiente de almacenamiento en la duración del período de dormancia (semanas) en dos cultivares.

Peso ¹ (g)	Ambiente de Almacenamiento ¹					
	Huancayo		San Ramón		Promedio	
	DTO-33	Rosita	DTO-33	Rosita	DTO-33	Rosita
80	100(8)	100(4)	100(8)	100(11)	(8.0)	(12.5)
40	113	100	100	100	(8.5)	(12.5)
20	125	107	113	109	(9.5)	(13.5)
10	138	107	113	109	(10.0)	(13.5)
5	138	114	113	109	(10.0)	(14.0)
2.5	150	114	125	109	(11.0)	(14.0)
Promedio	(10.2)	(15.0)	(8.8)	(11.7)		

1. Efecto del peso del tubérculo (P), del ambiente de almacenamiento (A) y de la interacción de ambos (P x A), significativos al 1%.

Las cifras en las columnas brindan los datos relativos (%); las cifras entre paréntesis son los datos correspondientes en semanas (Wiersema et al., 1987).

Daños mecánicos al tubérculo. Los daños en los tubérculos causados durante la cosecha, o por enfermedades y plagas, por lo general aceleran el brotamiento. El simple hecho de cortar los tubérculos-semillas ocasiona un brotamiento más temprano.

Madurez del tubérculo. Los tubérculos cosechados inmaduros normalmente tienen una dormancia más larga que los tubérculos que han completado su madurez.

Tamaño del tubérculo–semilla. Dentro de las características del tubérculo–semilla el tamaño es un factor que influye en la duración del período de dormancia. Los tubérculos–semillas más pequeños tienen un período de dormancia más prolongado que los tubérculos más grandes. Además, el tamaño del tubérculo tiene un marcado efecto en la pérdida de peso durante el almacenamiento (Cuadro 3).

Los tubérculos pequeños presentan una pérdida de peso más acelerada porque la superficie total expuesta por unidad de peso es significativamente mayor. Este efecto de los tubérculos pequeños, con relación al de los más grandes, es independiente del ambiente de almacenamiento.

Cuadro 3 Efecto del tamaño del tubérculo y el ambiente de almacenamiento en la pérdida de peso del tubérculo (%) durante el almacenamiento (promedio de dos cultivares).

Peso del tubérculo ¹	Ambiente de almacenamiento ¹				
	(g)	4°C	Huancayo		San Ramón
80		100(8)	100(11)	100(15)	(11.3)
40		100	109	100	(11.7)
20		113	118	120	(13.3)
10		150	136	147	(16.3)
5		163	145	167	(18.0)
2.5		213	227	220	(25.0)
Promedio		(11.2)	(15.3)	(21.3)	

1. Efecto del peso del tubérculo (P), del ambiente de almacenamiento (A) y de la interacción de ambos (P x A), significativos al 1%.
Las cifras en las columnas brindan datos relativos (%); las cifras entre paréntesis son los datos correspondientes en % de la pérdida de peso (Wiersema et al, 1987).

La mayor pérdida de peso en los tubérculos pequeños se debe a la mayor superficie por unidad de peso del tubérculo, con el consiguiente aumento en evaporación. Sin embargo, una mayor pérdida de peso puede causar efectos menores en los tubérculos–semillas debido a que el agua es recuperada rápidamente cuando se siembran en un terreno con humedad adecuada; en este caso es más importante mantener los tubérculos en condiciones adecuadas de brotamiento. Por lo tanto, la pérdida de peso en los tubérculos almacenados bajo luz difusa en ambientes cálidos, a pesar de que puede ser el doble de la que se observa en tubérculos almacenados a 4°C, puede no afectar significativamente la emergencia en el campo, ni los rendimientos.

Un efecto adicional normalmente observado en tubérculos pequeños es que tienen un brotamiento más lento y dan origen a plantas cuyo follaje muestra un crecimiento también más lento que el de los tubérculos más grandes, lo que sugiere que las plantas que provienen de tubérculos pequeños necesitarían un período más largo de crecimiento para alcanzar su más alto potencial de rendimiento.

Manejo de los Tubérculos-Semillas

En la planta de papa, después del inicio de la tuberización, el tubérculo comienza su desarrollo que sólo finaliza cuando la planta entra en estado de senescencia. En cualquier momento el tubérculo tiene dos edades diferentes: la edad cronológica y la fisiológica (Wiersema, 1985).

La edad cronológica comienza a partir del inicio de la tuberización o a partir de la cosecha. Se expresa en días, semanas o meses, sin mencionar las condiciones ambientales. Científicamente es mejor medir la edad basándose en la fecha de inicio de la tuberización y no en la de la cosecha; sin embargo, esto es más difícil en la práctica.

La edad fisiológica, en cambio, se refiere fundamentalmente a todo el proceso de formación y desarrollo del tubérculo, incluyendo su brotamiento. En consecuencia, ésta depende tanto de la edad cronológica como de las condiciones ambientales a las cuales están expuestos los tubérculos. Así, los tubérculos pueden tener la misma edad fisiológica y no necesariamente compartir la edad cronológica.

Durante su desarrollo fisiológico el tubérculo atraviesa por varios estados, desde el estado de dormancia hasta el estado de senectud, ambos extremos son totalmente inadecuados para el uso como semilla. En este proceso, llamado también envejecimiento fisiológico, el tubérculo cambia de “fisiológicamente joven” a “fisiológicamente viejo”.

Los resultados de numerosos estudios han coincidido en señalar que las plantas de papa que provienen de semilla fisiológicamente más vieja tienen las siguientes características con respecto a aquéllas de semilla joven:

- emergencia más rápida
- tasa de crecimiento inicial más rápida.
- mayor número de tallos
- tuberización más temprana
- menor desarrollo del follaje
- senescencia más temprana

Después del estado de dormancia sigue el estado de dominancia apical. Sembrar tubérculos en este estado normalmente origina plantas con un solo tallo y con menor rendimiento. Luego del estado de dominancia apical se inicia el desarrollo de brotes adicionales que, en general, constituye el mejor estado para la siembra. En este estado de brotamiento múltiple los tubérculos dan origen a plantas con varios tallos. El almacenamiento bajo luz difusa (Figura 1) ayuda a prolongar el estado de brotamiento múltiple y a mantener los brotes pequeños y fuertes (Figuras 2 y 3).

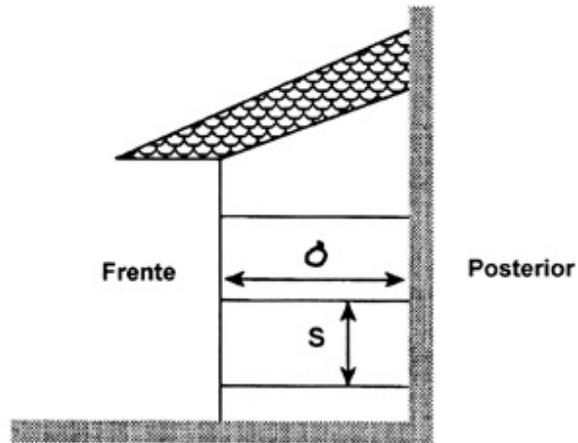


Figura 1 Almacén típico de luz difusa (Jarvis, 1989).

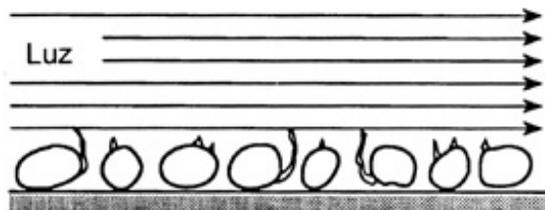


Figura 2 Efecto de la orientación del tubérculo en el crecimiento del brote (Jarvis, 1989).

- Los brotes largos se producen en la parte inferior del tubérculo.
- Los brotes cortos se producen en la parte superior del tubérculo.

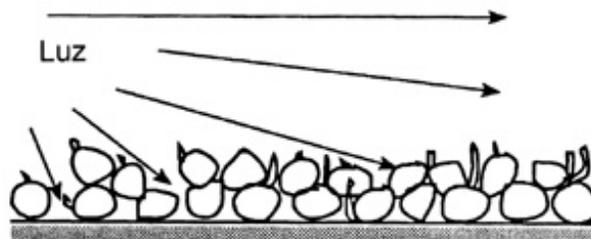


Figura 3 Penetración de la luz en dos capas de papa (Jarvis, 1989).

- La penetración de la luz mantiene los brotes cortos.
- Los brotes largos provienen de la capa inferior de los tubérculos.

El desbrotamiento, aún cuando los tubérculos son almacenados bajo luz difusa, parece ser un método efectivo para reducir la variabilidad en la longitud y peso del brote, y en la pérdida de peso de los tubérculos. Esto se debe probablemente a la eliminación de las diferencias en el crecimiento del brote causadas por diferentes períodos de dormancia (Wiersema y Cabello, 1987).

A pesar de que se acepta en forma general que los incrementos en la temperatura acumulada de almacenamiento reducen el potencial de rendimiento de los tubérculos-semillas, la práctica de almacenamiento bajo luz difusa evita significativamente dicha reducción y minimiza las posibles diferencias en el rendimiento. De este modo, en el almacenamiento de tubérculos-semillas, la baja temperatura puede ser reemplazada convenientemente por el uso de luz difusa.

La tecnología de almacenamiento de semilla bajo luz difusa durante el día, desarrollada por el Centro Internacional de la Papa (CIP), ha hecho posible el almacenamiento de semilla de papa aun bajo temperaturas tropicales, aprovechando el efecto de la luz en reprimir la elongación de los brotes (McGee et al, 1987). Experimentos realizados en un programa de investigación colaborativa con la Universidad de Glasgow, Escocia, han permitido una mejor comprensión de las relaciones entre la luz difusa y su efecto en el brotamiento; se han determinado así los niveles de luz difusa necesarios para mantener los brotes de papa lo suficientemente pequeños para la siembra, bajo diferentes temperaturas (Cuadros 4 y 5). Además, estos estudios han establecido las bases para determinar si la luz afecta la dormancia o sólo el crecimiento de los brotes una vez que ésta ha terminado. También se ha estudiado el comportamiento de los brotes al ser trasladados de períodos de luz a oscuridad y viceversa, y el efecto de períodos diferentes de iluminación durante el día. Para tales experimentos se usó el cv. Pentland Javelin que se caracteriza por un brotamiento vigoroso después de un largo período de dormancia (Figuras 4 y 5). La capacidad de brotamiento de los tubérculos de esta variedad aumentó rápidamente una vez que terminó la dormancia y no se registró ninguna diferencia evidente que pudiera deberse a los períodos de almacenamiento, ya sea en luz o en oscuridad (McGee et al, 1987) (Figura 6). En el experimento se mantuvo a los tubérculos a 10°C, 18°C y 25°C bajo luz fluorescente (12 Wm^{-2} total). El inicio del crecimiento del brote se presentó aproximadamente tres semanas antes y fue algo más brusco a 25°C que a 10°C con un tratamiento intermedio de 18°C. Sin embargo, en cada temperatura el crecimiento del brote se inició y progresó linealmente tanto en luz como en oscuridad, aunque la tasa de crecimiento en oscuridad fue mayor.

La luz afecta la tasa de crecimiento del brote sólo después del término de la dormancia y no afecta ni el tiempo en que los tubérculos empiezan a brotar ni la capacidad de crecimiento del brote cuando son transferidos a condiciones favorables para su desarrollo. La cantidad total de energía luminosa que reciben los tubérculos es a menudo el factor más importante que determina la magnitud de la supresión del crecimiento del brote. Varios experimentos han demostrado que la supresión del brote por efecto de la luz está mucho más relacionada con la incidencia total de energía que con la duración o la intensidad de la iluminación, a pesar de que una cantidad dada de energía es a veces menos efectiva cuando se suministran más de 10 horas que cuando es más de una hora por día.

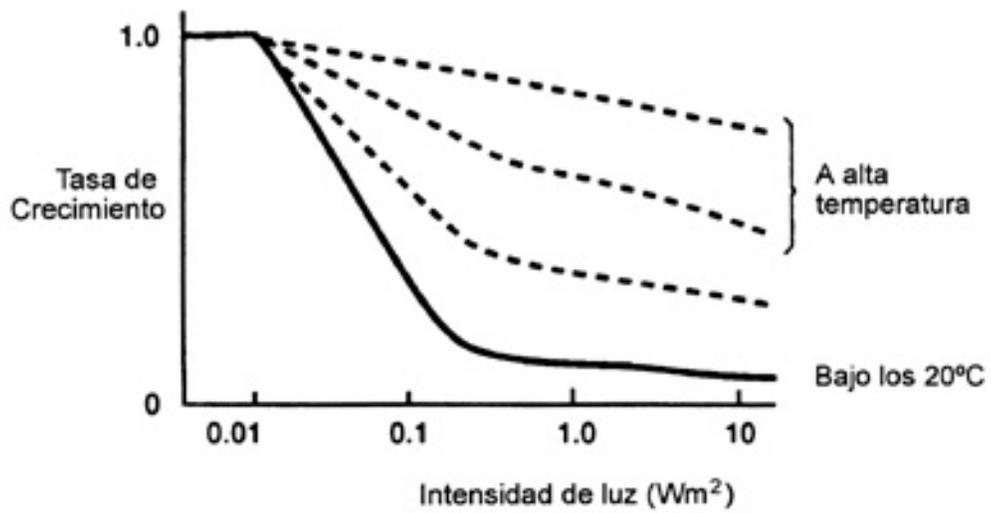


Figura 4 Reducción de la tasa de crecimiento relativo bajo creciente intensidad de luz (no a escala) (Jarvis, 1989).

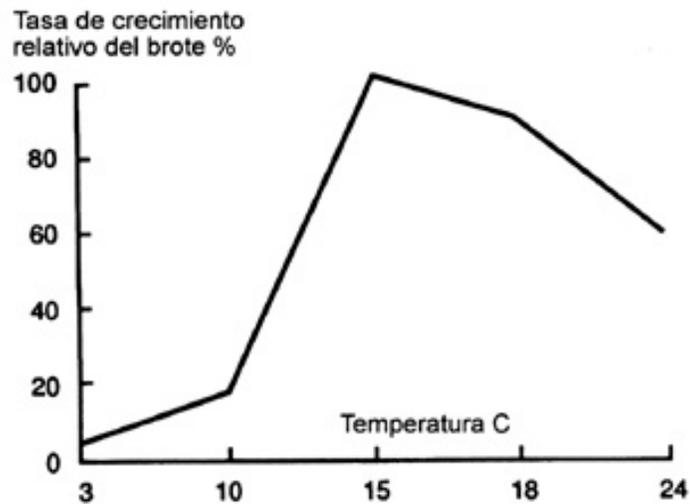


Figura 5 Efecto típico de la temperatura en la tasa de crecimiento relativo promedio de los brotes bajo oscuridad (Jarvis, 1989).

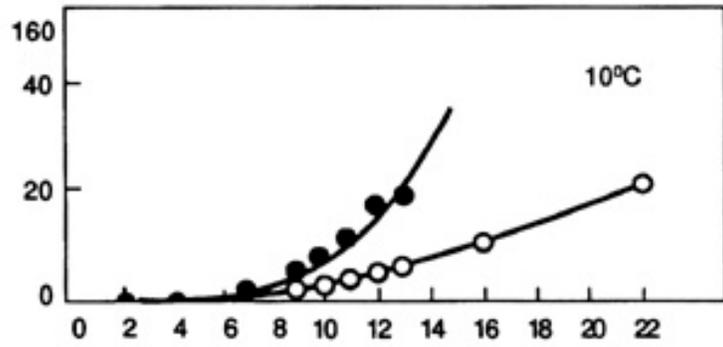
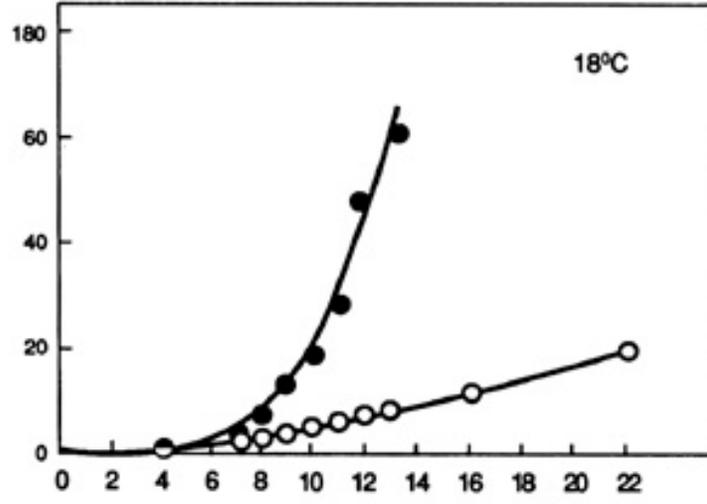
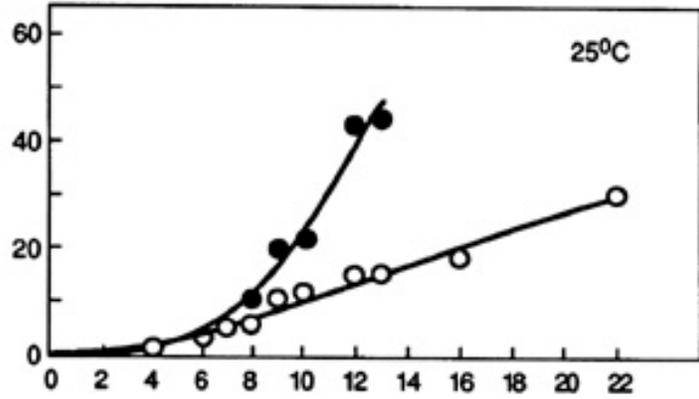


Figura 6 Tiempo de ruptura de la dormancia durante el almacenamiento bajo luz fluorescente u oscuridad en el cv. Pentland Javelin (McGee et al 1988).

Cuadro 4 Intensidad de luz (I_d/I_0) en diferentes posiciones en un almacén de papa bajo luz difusa natural.

I_d/I_0 = fracción de luz que penetra a una distancia "d" desde el frente del almacén

Distancia desde el frente del almacén (mm)	Espaciamiento entre repisas (mm)					
	100	200	300	400	500	600
100	0.55	0.68	0.74	0.79	0.83	0.85
200	0.35	0.49	0.58	0.64	0.69	0.73
300	0.35	0.37	0.46	0.53	0.59	0.64
400	0.17	0.29	0.37	0.45	0.51	0.57
500	0.13	0.23	0.31	0.38	0.44	0.50
600	0.11	0.19	0.26	0.33	0.39	0.45
700	0.09	0.16	0.22	0.29	0.35	0.40
800	0.07	0.13	0.20	0.25	0.31	0.36
900	0.06	0.11	0.17	0.22	0.28	0.33
1000	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
1100	0.04	0.09	0.13	0.18	0.23	0.28
1200	0.02	0.08	0.12	0.16	0.21	0.25
1300	0.03	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23
1400	0.03	0.06	0.10	0.13	0.17	0.21
1500	0.03	0.06	0.09	0.12	0.16	0.20
1600	0.02	0.05	0.07	0.11	0.15	0.19
1700	0.02	0.05	0.07	0.10	0.14	0.17
1800	0.02	0.04	0.07	0.10	0.13	0.16

Jarvis, 1989

I_d = intensidad de luz a una distancia "d" desde el frente del almacén

I_0 = intensidad de luz al frente del almacén

Cuadro 5 Tasa de crecimiento relativo de brotes de tubérculos de papa bajo diferentes intensidades de luz.

Intensidad de luz promedio mWm^2	Crecimiento (valor relativo)
Menos de 10	1.00
15	1.00
20	0.88
40	0.60
60	0.45
80	0.35
100	0.30
150	0.25
200	0.22
300	0.19
500	0.17
1000	0.15
10000	0.12

(Jarvis, 1989)

En experimentos con luz natural (del día) difusa en Perú y luz artificial difusa en Escocia, las temperaturas promedio bajo 20°C produjeron un crecimiento vigoroso de los brotes que fue inhibido tanto por la luz difusa natural (Cuadro 6) como por la luz artificial, en niveles de radiación (luz visible) sobre 0.01 Wm⁻². El porcentaje de inhibición del crecimiento del brote aumentó linealmente en relación al nivel de radiación, (logaritmo) 50% de inhibición a 0.04 – 0.1 Wm⁻², porque la temperatura era adecuada para un crecimiento considerable del brote en ausencia de luz (McGee et al, 1988). En condiciones de alta luminosidad, la inhibición del crecimiento de los brotes llegaba hasta un 95%, pero la longitud de los brotes nunca se redujo a cero; se lograron brotes verdes, pequeños y robustos. El número de brotes aumentó con la luz natural y no con la luz artificial. La luz natural difusa también redujo la pérdida de peso total de los tubérculos-semilla durante una temporada de almacenamiento de 180 días. Bajo temperaturas promedio por encima de los 20°C el crecimiento del brote en ausencia de la luz se redujo más y el efecto de la luz en el alargamiento de los brotes fue menos obvio.

Cuadro 6 Características de los tubérculos-semillas luego de 180 días de almacenamiento¹ bajo luz difusa natural (Booth, 1980).

Variedad	Sistema de almacenamiento	Largo del brote (cm)	No. de brotes/tub	Pérdidas de peso ²
Mi Perú	Oscuridad	12.1	2.0	12.2
	Luz	1.1	5.0	6.3
Mariva	Oscuridad	33.7	1.2	28.8
	Luz	1.2	5.1	11.2
Renacimiento	Oscuridad	10.3	2.1	8.7
	Luz	1.2	3.0	5.5
Revolución	Oscuridad	19.8	1.1	11.8
	Luz	1.6	2.8	7.8

1. Temperaturas máxima y mínima promedio de 17.9°C y 5.7°C, respectivamente.

2. Incluye la pérdida de peso del tubérculo y el peso de los brotes.

El uso de luz difusa en semillas de papa en almacenamiento tiene otras ventajas, como la supresión del crecimiento del brote y, en algunas circunstancias, de la dominancia apical. Por lo tanto la emergencia de las plantas es normalmente más rápida, lo que da como resultado un establecimiento temprano del cultivo con un follaje que cubre el terreno más rápidamente y un aumento significativo del rendimiento (Cuadro 7).

Cuadro 7 Efecto del almacenamiento de semilla bajo luz difusa en el comportamiento de ocho cultivares de papa en Huancayo, Perú (McGee et al, 1988).

Cultivar	Días hasta 100% de emergencia ¹		Rendimiento (t/ha) ²	
	Luz	Oscuridad	Luz	Oscuridad
Guzco	25	45	30.2	25.8
Mariva	30	40	29.4	26.6
Mi Perú	30	30	35.1	29.8
N578-4	35	35	31.1	25.7
Renacimiento	35	40	19.6	18.1
Revolución	30	35	34.8	28.6
Rosita	35	40	24.1	18.9
Promedio	30.6	38.1	28.8	24.6

1. Desbrotamiento previo a la siembra.

2. Promedio de cuatro lotes de 66 plantas por cultivar.

La presencia de enfermedades bacterianas también se reduce. Se sabe que las condiciones de almacenamiento tienen influencia en la fortaleza de los brotes, a pesar de que dicha relación no se ha investigado en detalle. Desde el punto de vista de un agricultor que almacena semilla para su propio uso en la siguiente temporada, la ventaja más importante del uso de luz difusa para almacenar tubérculos-semillas sería el aumento potencial en los rendimientos que normalmente se obtienen con esta práctica (Cuadros 8 y 9).

Cuadro 8 Porcentaje de emergencia y rendimiento de cultivos provenientes de tubérculos-semillas de papa almacenados¹ por 180 días bajo dos sistemas de almacenamiento.

Variedad	Sist. de almacenam.	% emergencia a los			Rdto. (t/ha)
		20 días	30 días	40 días	
Mi Perú	Oscuridad ²	3.1	100.0	100.0	29.8
	Luz	58.7	100.0	100.0	35.1
Mariva	Oscuridad	0.0	76.6	100.0	26.6
	Luz	67.2	100.0	100.0	29.4
Renacimiento	Oscuridad	0.0	89.0	100.0	18.1
	Luz	37.0	95.3	100.0	19.6
Revolución	Oscuridad	0.0	96.8	100.0	28.6
	Luz	46.9	100.0	100.0	34.8

1. Temperaturas máxima y mínima promedio de 17.9°C y 5.7°C, respectivamente.

2. Desbrotamiento previo a la siembra.

Cuadro 9 Porcentaje de emergencia y rendimiento de cultivos usando tubérculos-semillas producidos en San Ramón y La Molina, almacenados en diferentes ambientes (Booth, 1980).

Lugar de cultivo	Lugar del almacenam.	Temp. de almacen. (°C)	Sist. de almacen.	Emergencia (%)	Rdto. (t/ha)
San Ramón	San Ramón	25	Luz	93.2	28.9
			Oscuridad ¹	71.2	26.3
	Huancayo	13	Luz	90.0	-
			Oscuridad ¹	91.7	25.3
La Molina	En frío	4	Oscuridad ¹	67.8	34.7
			Luz	98.9	27.2
	La Molina	25	Oscuridad ¹	92.4	23.4
			Luz	98.9	27.2
Huancayo	13	Oscuridad ¹	93.5	26.0	
		Luz	92.1	25.7	

1. Desbrotamiento previo a la siembra.

Variedad: Revolución

Cuando se almacena la semilla en ambientes tropicales cálidos se obtienen ventajas considerables en el rendimiento si los brotes originales permanecen unidos al tubérculo al momento de la siembra. Sin embargo, en algunos casos esto puede ocasionar una dominancia apical excesiva, por lo que es preferible el desbrotamiento y someter los tubérculos a un período corto de rebrotamiento bajo luz difusa. Al parecer, el rebrotamiento previene en gran medida la pérdida en el rendimiento que produce el desbrotamiento y puede ser, en muchos casos, una alternativa adecuada al almacenamiento a largo plazo bajo luz difusa.

El uso de la luz difusa para mantener los brotes fuertemente adheridos al tubérculo tiene otros beneficios: minimiza las pérdidas durante el almacenamiento debido a que se pueden controlar las enfermedades; los rendimientos son más estables; se reduce el período susceptible de erosión entre la siembra y el establecimiento del tallo; y se puede acortar un poco el período vegetativo. La eliminación del daño al brote al momento de la siembra puede ser la ventaja principal del almacenamiento de semilla bajo luz difusa. (McGee et al, 1988).

En un experimento realizado en Huancayo, Perú, con ocho cultivares de papa, el almacenamiento de tubérculos-semillas en un almacén prototipo con luz difusa dio como resultado un promedio de 17% de aumento en el rendimiento del cultivo posterior y una emergencia más rápida de seis de los cultivares, comparado con el almacenamiento de semilla bajo oscuridad. La semilla almacenada bajo oscuridad tuvo brotes largos que tuvieron que eliminarse al momento de la siembra.

En otros experimentos llevados a cabo en Escocia se almacenaron los tubérculos-semillas de cuatro cultivares, tanto en oscuridad como en luz artificial, bajo una escala de temperaturas. Al momento de sembrar, algunos de los tubérculos almacenados bajo luz fueron desbrotados al igual que los almacenados bajo oscuridad para poder distinguir entre el efecto del desbrotamiento de otros posibles efectos causados por el almacenamiento bajo oscuridad. Los resultados demostraron que el desbrotamiento retardó considerablemente la emergencia y retrasó la senectud del cultivo y, en muchos casos, redujo sus rendimientos (McGee et al, 1988).

Ruptura de la Dormancia

La ruptura de la dormancia es una práctica necesaria en regiones donde se siembran dos cultivos de papa en sucesión. La finalización de la dormancia de los tubérculos puede ser inducida mediante tratamientos químicos. Tales tratamientos ofrecen las siguientes posibilidades:

1. Los tubérculos pueden iniciar el brotamiento en dos semanas aproximadamente y así quedan listos para ser sembrados inmediatamente.
2. El tratamiento químico mejora el establecimiento del cultivo y consecuentemente el rendimiento.

En India se ha desarrollado un procedimiento simple para la ruptura de la dormancia de los tubérculos-semillas (Sharma et al, 1980). En este procedimiento se puede suministrar el tratamiento tanto a tubérculos pequeños completos como a tubérculos grandes que han sido seccionados antes de ser usados. En el caso de tubérculos completos se hacen dos o tres incisiones en la semilla (cortes de tres o cuatro centímetros de largo y uno o dos milímetros de profundidad) sin dañar las yemas antes del tratamiento. En los tubérculos

seccionados (semilla cortada) el tratamiento se realiza tan pronto como se les corta. Si se usa este tipo de semilla se deben observar las siguientes precauciones:

1. Cortar el tubérculo entero longitudinalmente desde el extremo de las yemas hasta el extremo del estolón. Si el tubérculo es grande, cada parte del tubérculo se vuelve a cortar longitudinalmente en dos. Cada una de las partes debe tener por lo menos dos o tres yemas.
2. La operación de corte puede propagar enfermedades virosas y bacterianas. Para prevenir esto, el cuchillo que se usa debe ser desinfectado después de cada corte.

El procedimiento para la ruptura de la dormancia consiste en sumergir los tubérculos enteros o las piezas cortadas en una solución de 1% de tiourea y 1 ppm de ácido giberélico (AG) por una hora. Para preparar 20 litros de solución se necesitan 200 g de tiourea y 20 mg de AG. Después de una hora en la solución las papas se extienden en un lugar sombreado y se dejan secar. Si es necesario se puede dar, en este momento, al igual que la solución de tiourea y AG que termina con la dormancia, la solución fungicida. Esta se puede usar por lo menos cinco veces.

Una vez que los tubérculos completos o las semillas cortadas se han secado, están listas para ser sembradas directamente, o se almacenan y se siembran en el plazo de una semana o dos.

Otros métodos para inducir la ruptura de la dormancia bajo diferentes condiciones han sido evaluados por Bryan (1989) con resultados exitosos.

Bibliografía

Beukema, H.P. y D.E. Vander Zaag. 1979. Potato improvement. Some factors and facts. IAC, Wageningen, The Netherlands. 22 p.

Booth, R.H. 1980. Selected results from tryouts on potato storage. CIP, Lima, Perú. 9 p.

Booth, R.H. 1985. Natural diffused light, a practical alternative to controlled atmosphere storage of potato seed tubers. American Soc. of Agric. Eng. 85:40–59.

Booth, R.H. y R. Shaw. 1981. Principles of storage. CIP, Lima, Perú. 105 p.

Bryan, J. 1989. Dormancy breaking in potato seed tubers. CIP. Research Guide 16. 14 p.

Burton, W.G. 1986. The basic principles of potato storage as practiced in Great Britain. Eur. Potato J. 6:77–92.

Jarvis, M. 1989. Diffuse-Daylight Seed Potato Stores: Light and Sprout Growth. Department of Chemistry (Agriculture). The University of Glasgow. Reino Unido.

McGee, E., R.H. Booth, M.C. Jarvis y H.J. Duncan. 1987. The inhibition of potato sprout growth by light. I. Effects of light on dormancy and subsequent sprout growth. *Ann. Appl. Biol.* 110:399–404.

McGee, E., R.H. Booth, M.C. Jarvis y H.J. Duncan. 1988. The inhibition of potato sprout growth by light. II. Effects of temperature and light intensity. *Ann. Appl. Biol.* 113:137–147.

McGee, E., R.H. Booth, M.C. Jarvis y H.J. Duncan. 1988. The inhibition of potato sprout growth by light. III. Effects on subsequent growth in the field. *Ann. Appl. Biol.* 113:149–157.

Rastovski, A. et al. 1981. Storage of potatoes, post-harvest behaviour, store design, storage practice, handling. Center for Agricultural Publishing and Documentation. The Netherlands. p. 375–387.

Sharma, K., J.P. Uniyal y D. Sharma. 1980. Dormancy breaking in seed potatoes. CPRI, Simla, India.

Wiersema, S. 1985. Physiological development of potato seed tubers. CIP. Technical Information Bull. 20. 16 p.

Wiersema, S. y R. Cabello. 1987. A comparison of variability in storage behaviour of seed tubers from true potato seed and clonal tubers. *Potato Research* 30:485–489.

Wiersema, S., R. Cabello y R.H. Booth. 1987. Storage behaviour and subsequent field performance of small seed tubers. *Trop. Sci.* 27:105–112.

Fascículo 2.3

Tuberización, tamaño de la semilla y corte de tubérculos

Mario Pozo C.

I. Tuberización

Los estolones son tallos subterráneos que crecen en posición más o menos horizontal formando pequeñas hojuelas, botones laterales y un botón terminal compuesto de cierto número de hojuelas. En un momento dado su extremo comienza a hincharse inmediatamente después de una curvatura del estolón, para formar el tubérculo (Figura 1).

Este proceso denominado tuberización está bajo el control de factores medioambientales y genéticos. Los factores medioambientales más importantes que favorecen la tuberización son: fotoperíodos cortos, bajas temperaturas y bajos niveles de fertilización nitrogenada. Estas condiciones provocan cambios en el metabolismo de las plantas. Los cambios internos podrían transferir la señal medioambiental al lugar de formación del tubérculo (estolón) para empezar su formación. La señal de transducción es parcialmente controlada por fitohormonas. Además, un cambio en el metabolismo de los carbohidratos parece estar asociado con la tuberización.

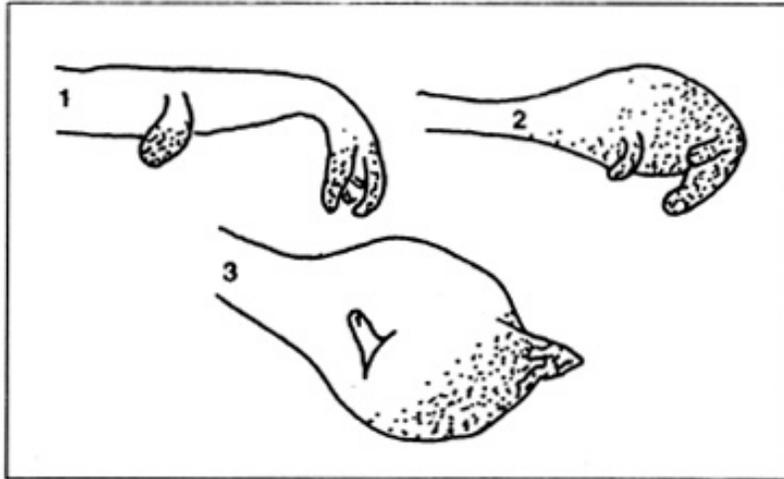


Figura 1 Esquema del desarrollo inicial de un tubérculo en el estolón (N. Krijthe, Wageningen, Holanda).

Se ha estudiado la relación de diferentes fitohormonas con la tuberización, de las que el ácido giberélico (AG) es la más convincente. El ácido giberélico aplicado a plantas enteras, esquejes en plántulas in vitro y brotes de tubérculos inhibe la tuberización, mientras que aplicaciones de inhibidores de la biosíntesis del AG promueven la tuberización. La actividad del AG en las hojas de papa es relativamente alta, bajo condiciones que disminuyen el inicio de la tuberización, tales como alta temperatura, altas dosis de fertilizante nitrogenado y fotoperíodos largos.

Sin embargo no es probable que la ausencia o los bajos niveles de AG puedan ejercer el control de la tuberización. La tuberización parece que está parcialmente inducida por la presencia, más que por la ausencia, de un compuesto supresor, dado que el estímulo es transmisible por injerto. La idea de que el AG y otro compuesto son los responsables del inicio de la tuberización han originado la teoría de que este proceso está bajo el control del balance entre un promotor y un inhibidor del crecimiento. En un cultivo hidropónico, bajo en nitrógeno y con condiciones favorables para la tuberización, la actividad del AG en los brotes fue relativamente baja y los niveles del ácido abscísico relativamente altos. Bajo condiciones de alta concentración de nitrógeno los niveles de AG se elevan y el ácido abscísico disminuye. El ácido abscísico incrementa la tuberización cuando se aplica en las hojas.

Una sustancia aislada de las hojas de la papa, químicamente relacionada con el ácido jasmónico, mostró alta inducción de tubérculos en bioensayos con segmentos etiolados obtenidos de brotes de tubérculos. A esta sustancia se le denominó ácido tuberónico.

En cultivares con un largo período de inicio de la tuberización es importante comprender que los diferentes estados de desarrollo del tubérculo descritos anteriormente se dan en forma simultánea. Esto significa que

los estados fisiológicos de los estolones son diferentes y que la fecha de inicio del estolón depende de su localización y de otros factores aún no comprendidos.

La formación y el crecimiento del tubérculo son procesos únicos en la fisiología de la planta y su regulación no es idéntica a la formación de flores y semillas o al crecimiento del fruto. La tuberización involucra el desarrollo y el crecimiento de un estolón, la inhibición de la elongación del estolón y el engrosamiento de su extremo. Además, la tuberización es reversible; esto puede ocurrir continuamente después de un cierto período de inducción. La competencia entre tubérculos de un solo tallo no puede ser comparada con las relaciones entre los frutos de una planta o de una inflorescencia (tales como las bayas en papa, los frutos del tomate o las carióspsides en una espiga de trigo). La planta de papa y el tubérculo individual son muy plásticos porque permiten cambios en los patrones de crecimiento.

II. Factores que Afectan el Tamaño de los Tubérculos

El tamaño de los tubérculos está determinado por un conjunto de características (Figura 2).

1. Rendimiento

Duración del período de crecimiento

A medida que avanza el ciclo vegetativo del cultivo el rendimiento se incrementa, pero disminuye el número de tubérculos pequeños. Esta es la razón por la que algunos semilleros acostumbra cortar el follaje para evitar obtener tubérculos muy grande.

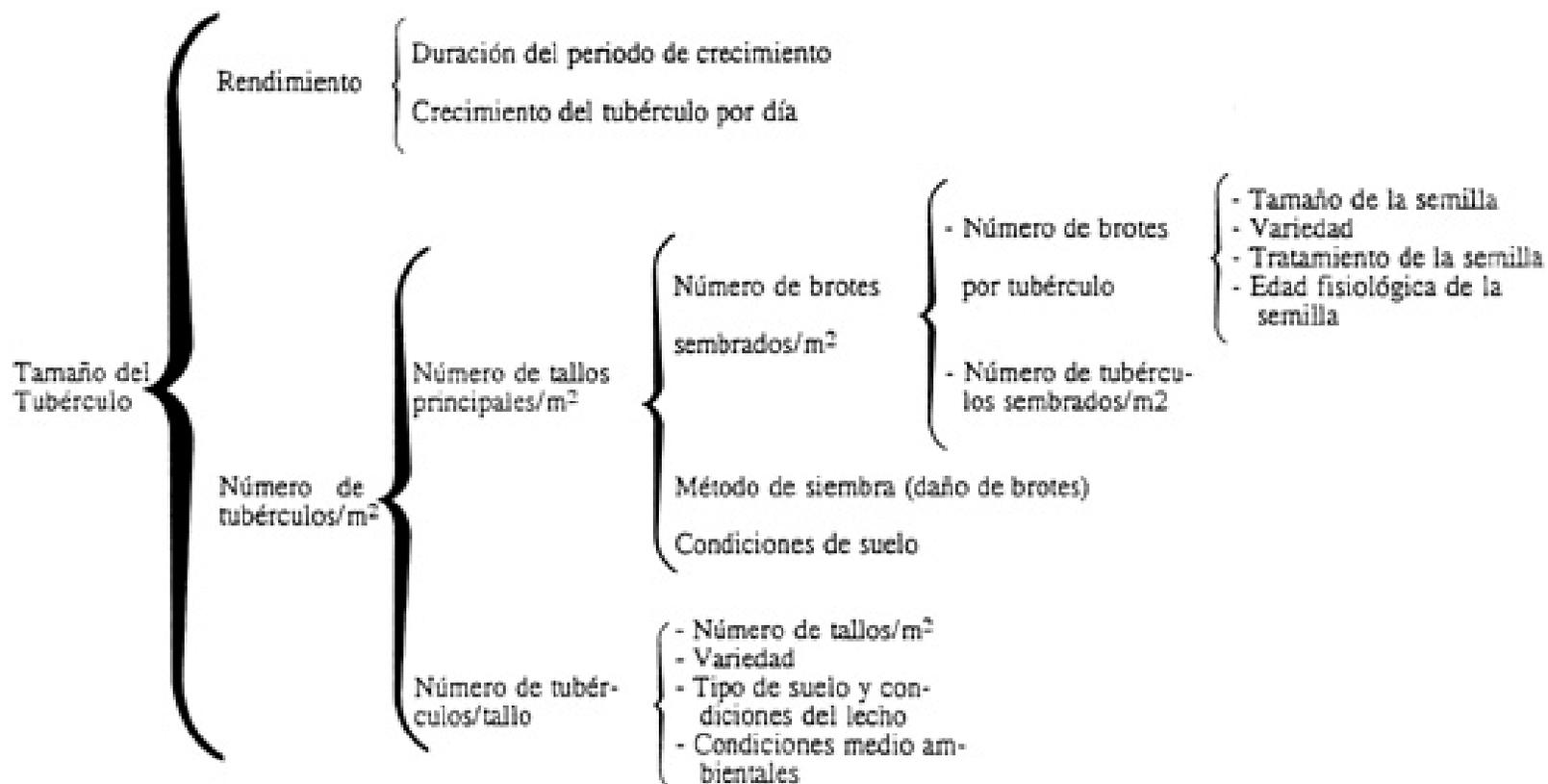


Figura 2 Factores que influyen en el tamaño del tubérculo cosechado (Modificado de Van der Zaag, 1973).

El corte del follaje es una de las prácticas agronómicas que nos permiten controlar el tamaño del tubérculo cosechado. El momento de la ejecución de esta labor exige el conocimiento del período vegetativo de la variedad (Figura 3) o también se puede realizar un muestreo al azar del campo para determinar el momento adecuado.

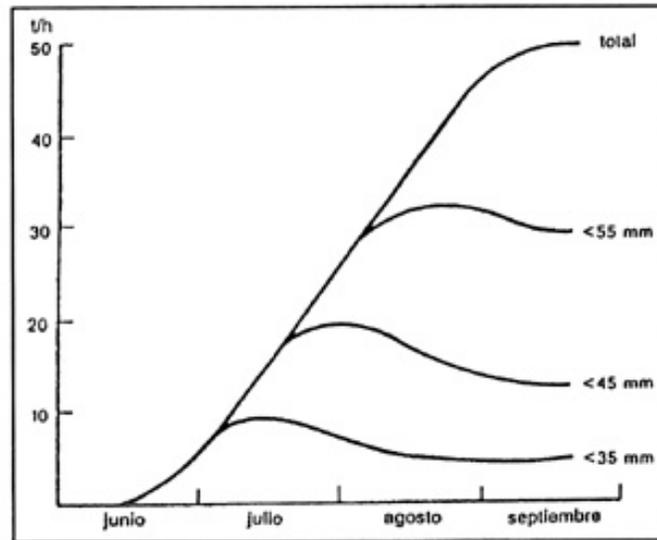


Figura 3 Esquema ilustrando el crecimiento de los tubérculos (var. Bintje en el caso de 20-25 tallos principales por m²)

Esta labor se debe realizar con mucho cuidado para evitar la transmisión de enfermedades fungosas (*Phytophthora infestans*) y bacterianas (*Erwinia* sp.). Sin embargo en países como España, EE.UU., Canadá e Irlanda usan azadones rotativos para cortar el follaje en forma comercial con la ventaja de que la cosechadora pueda entrar inmediatamente. En el caso de los semilleros es recomendable, por medidas sanitarias, el uso de productos químicos defoliantes como el Paraquat y el Diquat. Estos herbicidas se aplican en altos volúmenes para cubrir bien el follaje. La dosis que debe usarse es la que indica la etiqueta del producto comercial. Después de cinco a ocho días el follaje estará completamente seco según las condiciones ambientales. Otros productos como el dinitro ortocresol (DNOC) cumplen la misma finalidad.

Se debe esperar de 10 a 15 días antes de cosechar para permitir que los tubérculos subericen y evitar daños durante la manipulación y clasificación por tamaños.

Crecimiento del tubérculo por día

Este crecimiento está influenciado por la variedad y las condiciones de manejo del cultivo. Bajo condiciones de estrés el tubérculo crecerá muy poco diariamente y en condiciones óptimas el tubérculo crecerá a su máximo potencial.

2. Número de tubérculos/m²

Está influenciado por dos factores: el número de tallos principales/m² y el número de tubérculos por tallo.

2.1 Número de tallos principales/m²

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 (Figura 4).

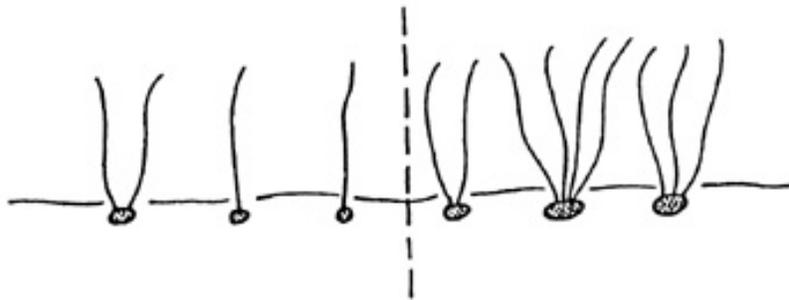


Figura 4 La densidad de un cultivo de papa está afectada por el número variable de tallos que produce un tubérculo-semilla. Tres tubérculos pueden producir 4 tallos (izquierda) ó 9 tallos (derecha).

Legama y Caesar (1990) realizaron un ensayo en cámara de crecimiento con la variedad Erntestolz para medir la influencia de los tallos principales sobre los componentes del rendimiento de papa. Tres semanas antes de sembrar los tubérculos removieron los brotes y dejaron tubérculos con uno, dos, tres o más brotes y obtuvieron los resultados que se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Efecto del número de tallos sobre los componentes del rendimiento.

Número de tallos	Area foliar (cm ² /planta)	No. de tub/pta.	Peso x de tub(g)	Rdto. (g/pta.)
1	3,591.0	11.6	31.1	340.2
2	3,678.0	15.8	25.0	370.7
3	4,129.1	21.4	21.6	430.3
>3	4,491.6	25.0	20.3	483.8
LSD 0.005	454.6	2.0	3.3	33.5
LSD	604.6	2.6	4.3	44.4

Se puede apreciar claramente que a medida que se incrementa el número de tallos, se incrementa el número de tubérculos por planta, disminuye el peso promedio de los tubérculos y aumentan los rendimientos. Cuando se determinaron las correlaciones simples entre estos factores se obtuvieron valores altamente significativos: 0.66 para número de tallos y número de tubérculos, -0.41 para número de tallos y tamaño promedio del tubérculo, y 0.56 para número de tallos y rendimiento lo cual nos indica la alta asociación entre estos factores.

La densidad de tallos se puede expresar como el número de tallos principales (o tallos sobre suelo) por m^2 . Se consideran tallos sobre el suelo (Figura 5) los siguientes:

- Tallos principales: los que crecen directamente del tubérculo madre.
- Tallos laterales: ramificaciones del tallo principal cercanos al tubérculo madre. Estos tallos forman su propio sistema radicular y pueden ser tan productivos como los principales.

Efecto de la densidad de tallos. La densidad de tallos afecta el rendimiento, pues éste es determinado por el número y tamaño de los tubérculos. También afecta la tasa de multiplicación.

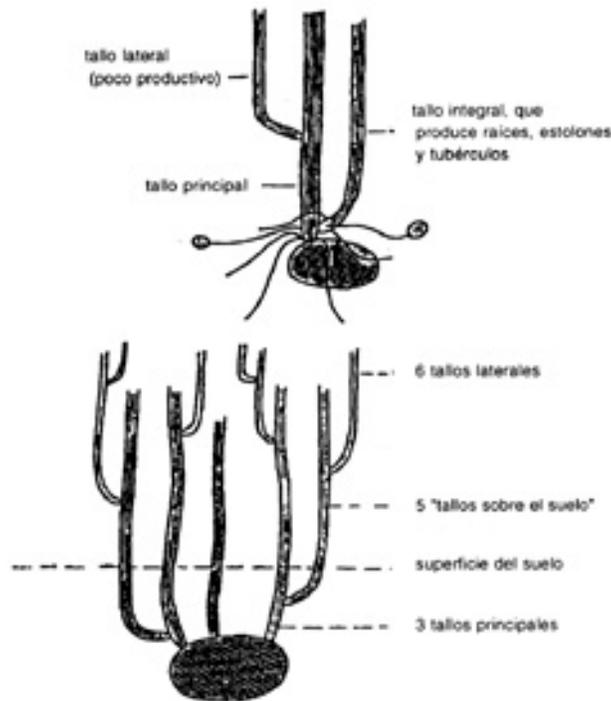


Figura 5 Los tallos sobre el suelo, que se toman en cuenta al calcular la densidad de tallos, son los tallos principales más los laterales que se originan subterráneamente, cerca del tubérculo madre.

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 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 la Figura 6 se deduce que el rendimiento máximo en tubérculos superiores a 28mm se obtiene con 30–35 tallos principales por m², y el rendimiento máximo de tubérculos superiores a 50mm se obtiene con unos 15 tallos principales por m². Pensamos que la relación expresada en la Figura 6 tiene un significado universal por lo que se ha simplificado en la Figura 7, de donde se desprende que:

- Una alta densidad de tallos conduce a un incremento de los rendimientos (hasta cierto punto).
- Una alta densidad de tallos conduce a una disminución en el tamaño promedio de los tubérculos.

Tasa de multiplicación: Es el rendimiento en tuberculos utilizables obtenido de un tuberculo semilla en una sola temporada del cultivo. Cuando se incrementa la densidad de tallos disminuye la cantidad de tuberculos producidos por un tuberculo semillalo que equivale la reduccion de la tasa de mutiplicaion

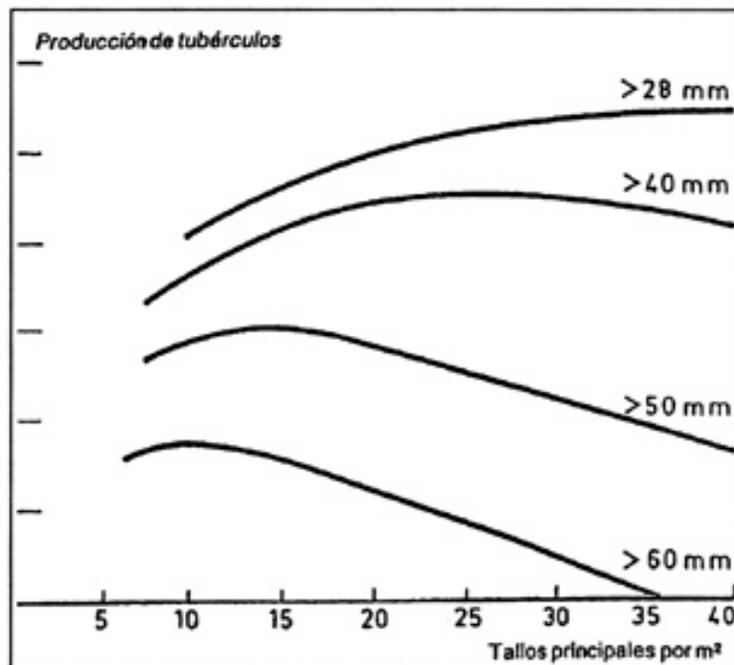


Figura 6 Relación entre el número de tallos principales por m² y el rendimiento de tubérculos en los distintos tamaños (según Reestman y Bondleander).

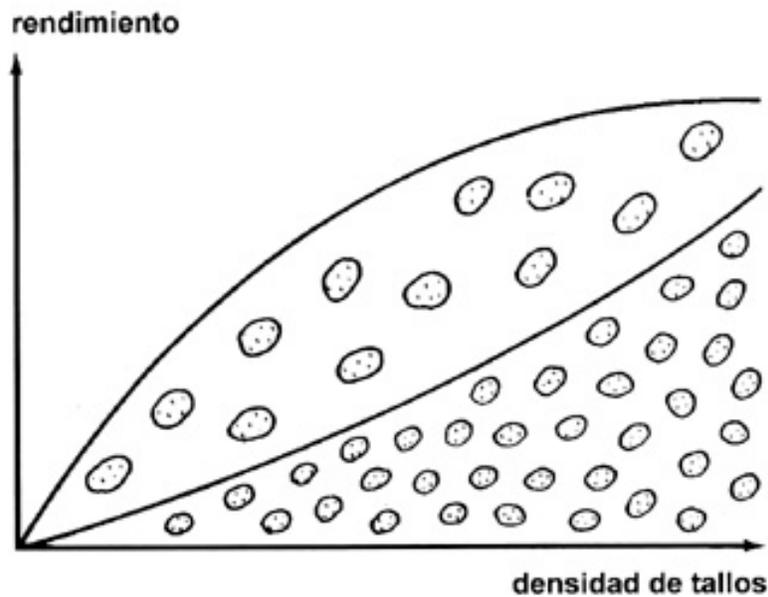


Figura 7 Una densidad de tallos alta conduce a un incremento en el rendimiento hasta cierto punto y a una reducción en el promedio del tamaño del tubérculo. Esto se refleja en una mayor proporción de tubérculos pequeños.

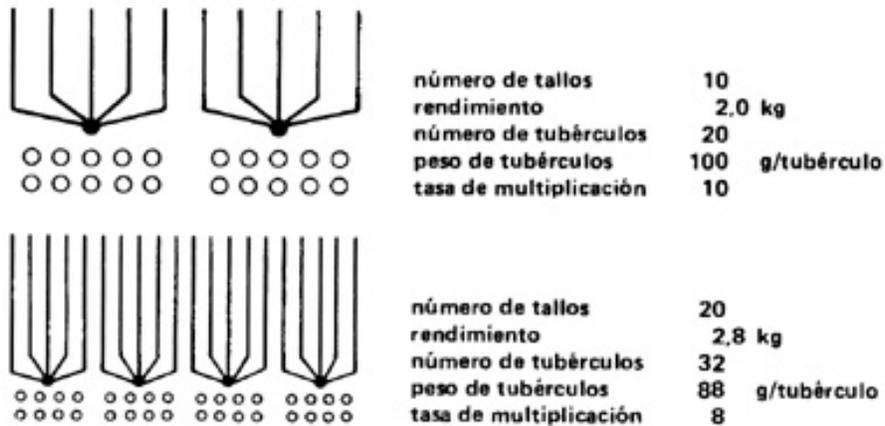


Figura 8 Duplicar el número de tallos, o la densidad de tallos, no equivale a duplicar el rendimiento. El número de tubérculos aumenta más que el rendimiento lo cual conduce a tubérculos de tamaño pequeño (poco peso). Con una densidad de tallos alta, se producen menos tubérculos por tallo. La tasa de multiplicación disminuye cuando se aumenta la densidad de tallos.

El número de tallos principales por m² depende de:

2.1.1 Número de brotes sembrados/m². A su vez está condicionado por a) el número de brotes por tubérculo, y b) el número de tubérculos sembrados por m².

a. Número de brotes por tubérculo. Este factor está influenciado por:

Tamaño de la semilla. Los tubérculos más grandes tienen mayor número de brotes y viceversa. Esto se puede apreciar en las mediciones realizadas por Eddowes y Adams (1975) donde los tubérculos más grandes tienen un mayor número promedio de brotes en todas las variedades (Cuadro 2).

Cuadro 2 Peso, tamaño y número de brotes promedio de tubérculos en tres variedades de papa.

Tamaño (mm)	Peso (grs.)	No. de brotes/tubérculo \bar{x}
Variedad Desireé		
32-38	32	2.1
38-45	50	2.7
45-51	89	3.5
51-57	119	4.1
Variedad Maris Peer		
32-38	31	2.6
38-45	42	3.2
45-51	69	3.7
51-57	102	4.8
Variedad Maris Piper		
33-38	33	2.5
38-45	53	2.9
45-51	84	3.6
51-57	116	4.5

Variedad. Algunas variedades emiten un mayor número de brotes debido a que poseen poca dominancia apical. En el Cuadro 2 se observa que la variedad Maris Peer tiene mayor número de brotes que Desiree para el mismo tamaño de tubérculos.

Tratamiento de la semilla. El manejo del tubérculo antes de la siembra afecta el número de brotes. Esto incluye el almacenamiento, desbrotamiento, corte o fraccionamiento de la semilla y prebrotamiento. Las condiciones de almacena miento que facilitan la dominancia apical disminuyen el número de brotes. El desbrotamiento y corte de tubérculos vigorosos a menudo incrementan el número de brotes. El prebrotamiento bajo luz difusa favorece la formación de brotes cortos y vigorosos, lo que reduce el daño al momento de la siembra.

Edad fisiológica de la semilla. El estado fisiológico óptimo de la semilla permite la formación de varios brotes e incluso la ramificación de los brotes. Si la semilla es demasiado joven desarrollará un solo brote y si es demasiado vieja formará brotes muy débiles. Esto se aprecia mejor en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Edad fisiológica del tubérculo, brotamiento y condiciones 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 del cultivo	ausencia de emergencia	pocos tallos	muchos tallos	plantas débiles

b. **Número de tubérculos sembrados/m²**. Está determinado por la distancia entre surcos y entre tubérculos al momento de la siembra.

Esto corresponde a la densidad de siembra que es un factor controlable. Cuando se incrementa la densidad de siembra se incrementa directamente la densidad de tallos y como consecuencia hay un aumento del rendimiento dentro de ciertos límites y una reducción en el tamaño promedio del tubérculo cosechado.

En un experimento realizado por vander Zaag y otros (1990) se estudió la influencia del distanciamiento sobre la morfología, crecimiento y rendimiento en dos ambientes en la localidad de Canlubang (Cuadro 4).

Cuadro 4 Efecto del distanciamiento sobre el rendimiento final de tubérculos 84 días después de la siembra en Canlubang, Filipinas.

Cultivar	Distanciamiento (cm)	No. Tallos/planta	Tallos/m ²	Rdto./tallo (g)	Tubérculos /tallo	Rdto. total (t/ha)	Peso x tubérculos (g)	Tamaño (mm)	
								>50	30-50
Cosima	15.0	3.4	37.7	74	2.1	28.0	36	19	73
	22.5	3.8	28.1	116	3.0	32.8	39	19	73
	45.0	3.3	12.2	137	2.5	16.7	54	27	69
Katahdin	15.0	2.5	27.8	82	1.8	22.6	46	14	71
	22.5	2.3	17.0	133	2.5	22.6	54	21	71
	45.0	2.4	8.9	127	1.9	11.2	66	31	63
Berolina	15.0	2.3	25.5	123	3.8	31.5	32	16	82
	22.5	2.5	28.5	114	3.1	21.2	37	17	82
	45.0	2.4	8.9	149	3.2	13.2	47	38	58
LSD (0.05)									
Cultivar		0.7	5.9	16	0.6	3.0	6	n.s.	10
Distanciamiento		n.s.	4.2	17	n.s.	3.2	4	9	10
Interacción		n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

Nota: Se usaron surcos mellizos separados 90cm por un lado y 30 cm por el otro. En cuanto a la densidad no se aprecian diferencias significativas en el número de tallos por planta pero sí en el número de tallos por m², esta última característica está influenciada directamente por el distanciamiento. De estos resultados se puede deducir que a mayor densidad mayor número de tallos por m², menor peso promedio de tubérculos, menor porcentaje de tubérculos mayores a 50 mm. y mejores rendimientos por hectárea.

2.1.2 Método de siembra. Normalmente en una siembra mecánica hay mayor daño en los brotes que en una siembra cuidadosa a mano. Si el personal no está debidamente entrenado puede ocurrir daño de los brotes en una siembra a mano.

El daño de los brotes ocasiona una disminución en el número de tallos por m² y también causa desuniformidad en la emergencia.

2.1.3 Condiciones del suelo. Una buena preparación del suelo y una adecuada humedad favorecen la formación de un mayor número de tallos por m². En cambio los suelos secos y con terrones impiden el enraizamiento de los brotes.

2.2 Número de tubérculos por tallo

Este factor a su vez está condicionado por:

Número de tallos/m²

En condiciones de altas densidades de tallos/m² no sólo disminuye el tamaño del tubérculo sino que se reduce el número de tubérculos por tallo debido a la competencia entre tallos, pero se incrementa el número de tubérculos por unidad de área.

Variedad

Algunas variedades por su genotipo tienden a producir un mayor número de tubérculos por tallo; en algunos casos se debe a una mayor cantidad de estolones y tubérculos emitidos por los tallos, a los estolones más largos, a la distribución más profunda de los tubérculos, etc. En el Cuadro 4 se observa que la variedad Berolina es la que produce más tubérculos por tallo en cualquiera de los tres distanciamientos.

Tipo de suelo y condiciones del lecho

Los suelos fértiles y sueltos, con una buena preparación, favorecen la producción de un mayor número de tubérculos por tallo. En cambio, los suelos pobres y pesados, mal preparados, propician la disminución del número de tubérculos por tallo.

Condiciones medioambientales

Las condiciones medioambientales al inicio del proceso de tuberización juegan un papel muy importante. Las temperaturas altas y los días largos propician la disminución del número de tubérculos por tallo.

Grison et al (1975) realizaron dos ensayos en 1972 y 1974 con la variedad Bintje para comparar los factores que afectan el tamaño del tubérculo.

En ambos ensayos se realizaron tres cosechas en diferentes períodos vegetativos para determinar su influencia sobre el tamaño de los tubérculos.

1er. Ensayo

Tamaño de la semilla para una densidad de siembra dada.

El número de tallos por metro cuadrado se evaluó a los 65 días de la siembra, con los siguientes resultados:

Tamaño de semilla	Número de tallos/m ²
28-35 mm	13.6
35-45 mm	21.8
45-50 mm	22.3

Los resultados obtenidos del ensayo con tamaños de semilla se expresan en el siguiente cuadro:

Cuadro 5 Influencia del tamaño de la semilla sobre el rendimiento por planta, el rendimiento total y la distribución de tamaños de tubérculos.

	Duración del período vegetativo (días)	Tamaño de semilla (mm)	Distrib. de tamaños (%)		Rdto. por planta (g)	Rdto. t./ha
			35-60 mm.	+60 mm.		
1972	85	28-35	75.6	0	502	17.9
		45-50	67.8	0	737	26.3
	100	28-35	87.8	1.7	754	26.9
		45-50	87.1	0	1091	39.0
	115	28-35	79.0	11.7	1069	38.2
		45-50	85.8	3.4	1160	41.4
1974	90	28-35	74.7	0	371	13.2
		35-45	79.7	0	392	14.0
		45-50	73.7	0	475	17.0
	110	28-35	81.5	4.0	775	27.7
		35-45	87.7	4.4	814	29.1
		45-50	84.5	5.9	964	34.4
	130	28-35	74.6	17.2	957	34.2
		35-45	78.7	10.7	1091	39.0
		45-50	71.8	19.1	1091	39.0

Nota: Densidad de plantas: 35,714 plantas/ha.

De la tabla podemos concluir que:

- A mayor tamaño de semilla hay mayor número de tallos/m², mayor rendimiento por planta, mayor rendimiento total y mayor porcentaje de tubérculos grandes.
- A medida que avanza el período vegetativo, el porcentaje de tubérculos grandes se incrementa y se puede obtener hasta el 100% de tubérculos para semilla en períodos menores a 90 días, independientemente del tamaño de semilla usado.

2do. Ensayo

Tres densidades de siembra para un solo tamaño de semilla.

En el ensayo de densidades también se contó el número de tallos por m² 65 días después de la siembra.

Densidad de siembra	Número de tallos/m ²
55 x 70 cm	15.8
40 x 70 cm	21.8
25 x 70 cm	34.8

Los resultados del ensayo de densidades se aprecian en el siguiente cuadro.

Cuadro 6 Influencia de la densidad de siembra sobre el rendimiento por planta, rendimiento total y distribución del tamaño de los tubérculos.

Duración del período vegetativo (días)	Distanciamiento entre surcos (cm)	Distribución de tamaño (%)		Rdto./ por planta (g)	Rdto. (t/ha)	
		35-60 mm	+ 60 mm			
1972	55	76.5	0	777	20.2	
	85	40	72.0	0	649	23.2
		25	70.6	0	446	25.5
		55	85.1	3.7	1306	33.9
	100	40	87.1	0.6	937	33.5
		25	84.0	0.5	703	40.2
55		79.4	13.4	1697	44.1	
115	40	82.6	7.7	1277	45.6	
	25	82.9	4.0	840	48.0	
	55	77.0	0	447	11.6	
1974	85	40	76.8	0	419	15.0
		25	73.8	0	360	20.6
		55	80.2	10.7	911	23.7
	105	40	87.4	4.7	858	30.6
		25	85.0	4.0	552	31.5
		55	62.9	31.0	1320	34.3
125	40	73.3	13.0	1216	43.4	
	25	86.2	6.1	828	47.3	

Nota: El tamaño de la semilla para este ensayo fue de 35-45 mm.

Del cuadro podemos concluir que:

- Bajo altas densidades se obtiene un mayor número de tallos/m², menores rendimientos por planta, mayores rendimientos por hectárea y tubérculos más pequeños. A bajas densidades sucede todo lo contrario y se puede notar

Del cuadro podemos concluir que:

- Bajo altas densidades se obtiene un mayor número de tallos/m², menores rendimientos por planta, mayores rendimientos por hectárea y tubérculos más pequeños. A bajas densidades sucede todo lo contrario y se puede notar que el mayor incremento del rendimiento por planta no compensa la pérdida de rendimiento debido al mayor distanciamiento.
- Al igual que en el ensayo anterior, cuanto más se adelante la cosecha se pueden obtener mayores cantidades de tubérculos pequeños independientemente de la densidad empleada; en este caso se cosechó a los 85 días.

Finalmente, después de conocer los factores que determinan el tamaño de la semilla, en el Cuadro 7 hemos resumido aquéllos que pueden ser controlados.

Cuadro 7 Control del tamaño del tubérculo-semilla.

Factor	Forma de Control
Duración del periodo de crecimiento	Corte de follaje
Tamaño de la semilla	Clasificación o corte
Edad fisiológica de la semilla	Condiciones de manejo del cultivo y almacenamiento
Número de brotes por tubérculo	Condiciones de almacenamiento y tamaño del tubérculo-semilla
Número de tubérculos/m ²	Densidad de siembra, daño de brotes Tipo de siembra y condiciones de almacenamiento
Condiciones de suelo	Preparación y disponibilidad de agua

III. Corte de Tubérculos-Semillas

El corte o fraccionamiento de los tubérculos-semillas es una labor que se realiza especialmente cuando éstos son demasiado grandes. El máximo tamaño del tubérculo-semilla es diferente en cada país, pero podríamos estimar que estaría alrededor de los 120 g.

Este fraccionamiento tiene como objetivos:

- Ahorrar semilla y mejorar la tasa de multiplicación
- Mejorar la distribución de la población de tallos
- Incrementar el número de tallos por tubérculo-semilla
- Estimular el crecimiento del brote

Comparando la productividad de los tubérculos–semillas cortados y los tubérculos–semillas completos del mismo peso es usual encontrar que las semillas enteras producen un mejor rendimiento. Esto se debe a que un tubérculo–semilla completo, de un determinado peso, tiene mayor superficie de piel que una semilla cortada del mismo peso; en consecuencia la semilla completa puede producir más tallos que la cortada. Adicionalmente la semilla entera tienen un mayor porcentaje de emergencia, ya que en la semilla cortada puede presentarse un decaimiento que perjudica este proceso.

Sin embargo, si al momento de la siembra los tubérculos están todavía dormantes o con dominancia apical, el tubérculo–semilla cortado podría permitir una emergencia más temprana y el desarrollo de más tallos por semilla. En este caso el uso de tubérculo–semilla cortado puede dar mejores resultados, si se ha sembrado la misma cantidad de semilla por m².

Este es el caso del trabajo desarrollado por Allen (1979) con la variedad Pentland Crown, donde comparó tubérculos enteros con tubérculos cortados a la mitad y con su equivalente entero de un mismo peso. Los resultados se aprecian en el Cuadro 8.

Cuadro 8 Efecto del corte de semilla sobre el número de tallos y tubérculos (millares/ha).

	Entera (113 grs)	Mitad (56 g) transversal	Mitad (56 g) longitudinal	Entera (56 g)
Tallos	301.6	184.7	172.7	179.4
Tubérculos	750.7	692.3	617.9	607.2

Las desventajas del corte del tubérculo–semilla son fundamentalmente la posibilidad de transmisión mecánica de enfermedades virósicas a través del instrumento de corte (PCX, PVS, TMV, APMV, etc.), el decaimiento de la semilla por efecto de una mala suberización y la infección por hongos que penetran por la superficie cortada.

Para el caso de semilla básica, donde se procesan menores cantidades de tubérculos, es necesario tomar ciertas precauciones. Los materiales y ambientes donde se realizará el corte deben mantenerse limpios.

Procedimiento

1. El corte debe realizarse cuando se ha iniciado el brotamiento; esto permite asegurar que cada fracción tenga un mínimo de dos o tres yemas. Según el tamaño del tubérculo pueden obtenerse dos, tres o cuatro fracciones.
2. El corte debe ser parcial; para esto se coloca el tubérculo junto a dos tablillas de madera y se corta hasta que el cuchillo tropiece con ellas (Figura 9). Las tablillas impiden que los tubérculos se fraccionen totalmente quedando las fracciones unidas por una pequeña porción de tubérculo («ombigo»), el cual puede ser central, redondo en el borde o alargado en el borde (Figura 9).

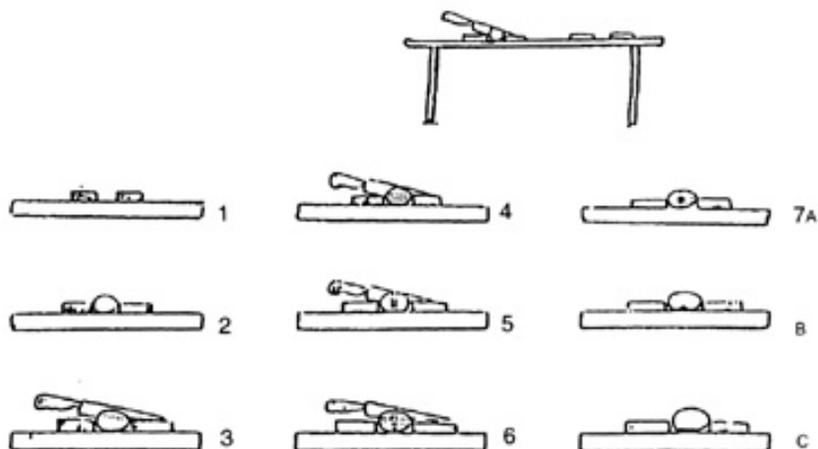


Figura 6 Operación del corte.

3. El corte podría ser vehículo de pudriciones e infecciones virósicas. Para eliminar virus, en primer lugar se hace una reSelección de las semillas y luego se desinfectan los cuchillos con una solución sobresaturada de fosfato trisódico o una solución concentrada de jabón (una barra grande de jabón de lavar en 15 litros de agua). Para evitar la transmisión de hongos y bacterias los cuchillos se flamean en un mechero cada vez que se corta una semilla con pudrición interna o cada cinco semillas cortadas.

4. Se debe usar un cuchillo afilado para que los cortes sean netos y evitar daños al tejido adyacente al corte que puedan demorar la cicatrización del tejido (suberización).

5. Los tubérculos cortados, sin separar las fracciones, deben conservarse en envases que permitan la circulación de aire, por lo tanto es deseable que se guarden en sacos de mallas de red de pescador o en jabas de madera.

6. La separación de las fracciones se hace poco antes de la siembra cuando se ha producido la suberización. Se puede notar que se ha producido una buena suberización cuando en los contornos del corte se forma una película blanquecina y la superficie del corte está completamente seca.

7. El corte o fraccionamiento debe realizarse de 5 a 10 días antes de la siembra, todo depende del tiempo que demore en suberizar. El tiempo necesario para la suberización depende de la variedad, edad del tubérculo-semilla, temperatura, humedad y contenido de oxígeno de la atmósfera circundante.

–Variedad. Algunas variedades, especialmente las precoces, son susceptibles a *Fusarium* y pobres en la formación de sustancias cicatrizantes. No recomendamos cortar los tubérculos de estas variedades.

–Edad de los tubérculos. Los tubérculos recién cosechados son los que mejor suberizan. La formación de sustancias de cicatrización se retarda después de que el estado de dominancia apical ha terminado. Cortar la semilla que ha sido almacenada por largo tiempo no es recomendable. Además, los tubérculos son más susceptibles a *Fusarium* a medida que su edad se incrementa.

–Humedad, temperatura y oxígeno: Una cicatrización completa y rápida requiere alta humedad relativa (>85%), una temperatura entre 15 a 20° C y un contenido de oxígeno alto. Un contenido de oxígeno menor al 15% da como resultado una cicatrización incompleta.

A escala comercial se emplean máquinas cortadoras de tubérculos, ya que se manejan grandes volúmenes de semilla. En el Reino Unido esta práctica se está incrementando con semillas sin brotes pero libres de enfermedades virósicas.

Bibliografía

Beukema, HP. y D.E. van der Zaag. 1979. Potato Improvement, Some Factors and Facts. International Agriculture Centre, Wageningen, The Netherlands. p. 59–79.

Eddones M. y H. Adams. 1975. Effect of seed size and spacing on total and marketable yield of maincrop potatoes. European Association for Potato Research. EAPR abstracts. Edinburgh (UK). p. 130–131.

Grison C. et al. 1975. Influence du calibre du plant et de la densité de plantation sur la production et la qualité des pommes de terre. European Association for Potato Research. EAPR abstracts. Edinburgh (UK). p. 126–127.

Harris, E.J. 1979. Effects of cutting seed tubers on number of stems and tubers and tuber yields on several potato varieties. J. Agric. Sci. Camb. 93:121–128.

Koda Y. y Y. Okazawa. 1983. Influencias of Environmental, Hormonal and Nutritional Factors on Potato Tuberization in Vitro. Jap. J. Crop Sci. 52:582–591.

Koda Y. y Y. Okazawa. 1988. Detection of Potato Tuber-Inducing Activity in Potato Leaves and Old Tubers. Plant Cell Physiol. 29:969–974.

Legama B. y K. Caesar. 1990. Relationships between number of main stems and yield components of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Erntestolz) as influenced by different daylengths. Potato Research 33:257–267.

López C.P., B.R. Egúzquiza y C.V. Villagómez. 1980. Cultivo de la Papa. Centro Nacional de Capacitación e Investigación para la Reforma Agraria (CENCIRA). p. 52–54

Vander Zaag, D.E. 1990. La Patata y su Cultivo en los Países Bajos. Instituto Consultativo Holandés sobre la Patata. La Haya, Holanda. 76 p.

Vander Zaag, P. et al. 1990. Influence of plant spacing on potato (*Solanum tuberosum* L.) morphology, growth and yield under two contrasting environments.

Fascículo 2.4

Métodos para Acelerar el Brotamiento de los Tubérculos-semillas

José L. Marca / Oscar A. Hidalgo

Introducción

Los tubérculos de papa pasan normalmente por un período de reposo que puede durar unos pocos días o varias semanas; esto depende de la variedad, condiciones climáticas durante el cultivo, daños mecánicos, o daños causados por insectos y enfermedades (como rancia y marchitez por *Fusarium*). Después de este período los tubérculos brotan en forma natural. Algunas veces, sin embargo, se requiere acelerar el brotamiento de los tubérculos-semillas antes del brotamiento natural. Esta práctica se emplea en los programas de semilla, en los que ocasionalmente se requieren dos o tres campañas de cultivo por año, o cuando se trata de material genético. En tales circunstancias puede ser necesario romper el período de reposo, tan pronto como sea posible, después de la cosecha.

La causa del período de reposo o dormancia de los tubérculos se debe a una sustancia inhibidora. Este tema ha sido ya discutido en el fascículo S-II-2-96 de este manual.

La dificultad para definir el período de reposo surge principalmente del desconocimiento del mecanismo que controla este estado fisiológico del tubérculo (Ezeta, 1978). A continuación se mencionan los factores relacionados con los procesos de dormancia y brotamiento.

- Balance de almidones y azúcares
- Contenido de ácido ascórbico y glutatión
- Presión parcial del anhídrido carbónico en el medio ambiente
- Autogeneración de inhibidores volátiles
- Deshidratación
- Inhibidores químicos endógenos
- Balance hormonal
- Actividad enzimática
- Síntesis proteica
- Síntesis de ARN
- Depresión de ADN

Hasta el momento no se dispone de una teoría unificadora acerca del fenómeno de la dormancia. Además, poco se ha estudiado sobre el control genético de este proceso. El esquema general, tan difundido actualmente para explicar la activación o inhibición de diversos procesos fisiológicos, ha sido sugerido también para dormancia y brotamiento.

ADN=> ARN=> síntesis proteica=> sistemas enzimáticos=> procesos fisiológicos

Todos los cambios observados y relacionados con el inicio o la interrupción del período de dormancia no serían sino manifestaciones de un proceso previamente iniciado a nivel genético.

Varios métodos pueden ser usados individualmente o en combinación para romper la dormancia.

Métodos para la ruptura del período de reposo

Cuando se trabaja con variedades comerciales se pueden estandarizar las concentraciones de rutina de los diversos productos químicos que se usan para romper el reposo. Sin embargo, diferentes tipos de material genético reaccionan en forma variada a las diversas sustancias químicas que promueven el brotamiento. Es esencial conocer los antecedentes genéticos del material antes de seleccionar un método o un producto químico en particular para romper el período de reposo. En general, los clones de madurez tardía tienen un largo período de reposo que es más difícil de romper; los clones de madurez temprana tienen menor período de reposo que es más fácil de romper.

Los tubérculos tratados con productos químicos para romper la dormancia muestran generalmente una dominancia apical. Esta dominancia se caracteriza porque el tubérculo produce un brote apical único. Esto sucede con muchas variedades y es muy común en el material de mejoramiento. Un brote único produce una planta de uno o muy pocos tallos, lo cual no es deseable debido a que se obtienen pocos tubérculos de gran tamaño. La dominancia apical puede superarse eliminando el brote único, con lo cual se induce el

crecimiento y desarrollo de los otros brotes. Sin embargo, en tubérculos de menos de 20 g es preferible tener uno o dos brotes para evitar su rápida deshidratación. También se recomienda eliminar el primer brote para reducir cualquier efecto adverso del producto químico usado.

El método que se use para romper el reposo dependerá de las facilidades y del producto químico disponible, así como de las características genéticas del material (variedades conocidas o material de mejoramiento de reacción desconocida y variable). Cuando se usan productos químicos se deben seguir las instrucciones del fabricante. Hay que tener presente que los productos químicos son peligrosos y tóxicos.

Tratamientos con calor

Calor. Los tubérculos se colocan en un cuarto oscuro a 18–25°C hasta que se produzca el brotamiento. Este método trabaja mejor con variedades precoces o cuando el período de reposo casi ha finalizado. No es recomendable para poblaciones segregantes u otros materiales de mejoramiento.

Golpe de frío más calor. Este método da buenos resultados con variedades precoces o cuando el período de reposo ha llegado casi al final. Puede emplearse con algunos materiales de mejoramiento de antecedentes genéticos diferentes. Los tubérculos cosechados se limpian, se desinfectan y se dejan suberizar (cicatrización de cortes y magulladuras). Se colocan en una cámara fría a 4° C por dos a cuatro semanas y luego se transfieren a un ambiente de 18–25° C para inducir el brotamiento.

Si los tubérculos no brotan después de dos o tres semanas, se repite el proceso hasta que broten.

Tratamiento con ácido giberélico (AG3)

El AG3 es una hormona vegetal que no es tóxica para humanos ni animales y es de fácil manejo. Estudios realizados en diferentes países han demostrado su eficiencia. Las concentraciones varían de 2 a 15 ppm, (2 a 15 gramos de AG3 en 1000 litros de agua) y la inmersión de los tubérculos debe hacerse durante 10 a 20 minutos. Esto depende de la variedad y del estado de reposo en el que se encuentran los tubérculos. En muchas variedades el AG3 acelera el brotamiento cuando el período de reposo casi ha finalizado.

Dosificación. La Unidad de Semilla del CIP recomienda usar 2ppm de AG3 para tratar tubérculos cuyo período está por finalizar y 5 ppm para tubérculos aún dormantes. Los mejores resultados se obtienen cuando el tratamiento se realiza antes de que los cortes y magulladuras hayan cicatrizado.

Preparación. (5 ppm para 200 litros de agua). Con este volumen de solución se pueden tratar 750–1000 kg de tubérculos.

- Disuelva 1 gramo de AG3 en 100 ml de alcohol 96% (10 mg de AG3 por cada 1 ml de alcohol 96%).
- Agite bien hasta que se disuelva.

- Agregue 200 litros de agua.

Procedimiento. Los tubérculos recién cosechados se lavan y se desinfectan, se secan al aire y luego se sumergen en una solución de ácido giberélico (5 ppm) por 10 minutos. Después del tratamiento los tubérculos deben secarse al aire y colocarse en una cámara o ambiente caliente a 18-25°C para inducir el brotamiento. Luego de 15 días el brotamiento es total.

Precauciones. Cuando se usan concentraciones más altas de AG3 y mayor tiempo de inmersión se pueden inducir brotes ahilados, emergencia dispareja y plantas atípicas. Para reducir los efectos adversos del AG3 se sugiere eliminar los primeros brotes apicales.

Debido a la inmersión en un líquido, el material sano puede contaminarse con *Pseudomonas solanacearum* Smith y/o *Erwinia* spp. Es importante saber la procedencia y grado de sanidad de los tubérculos antes de aplicar el tratamiento.

Tratamiento con Activol

El Activol es un producto comercial compuesto mayormente por ácido giberélico y otros reguladores del crecimiento que se encuentran naturalmente en las plantas. En el caso de los tubérculos estas fitohormonas se localizan en el peridermo y ayudan a romper el período de reposo de los tubérculos.

El Activol se presenta en forma de una pastilla redonda de color verde soluble en agua; no es tóxico para humanos ni animales, es compatible con abonos foliares y pesticidas, a excepción de las sustancias alcalinas y a base de cloro. Aplicaciones al follaje, una a cuatro semanas antes de la cosecha, inducen el brotamiento de los tubérculos en la misma planta.

Dosificación. El Activol se encuentra comercialmente en forma de tabletas de 10 g de peso bruto que contienen 1 g de ácido giberélico como principio activo. El distribuidor (Agro Klinge y Cia.) recomienda las siguientes dosis:

- Para tubérculos-semillas cortados 1 ppm (1/5 de pastilla de Activol) por cilindro de 200 litros de agua.
- Para tubérculos-semillas enteros 5 ppm (1 pastilla por cilindro de 200 litros de agua), para tratar 750-1000 kg de tubérculos-semillas.

Procedimiento. Los tubérculos recién cosechados se lavan y se desinfectan, se secan y se sumergen en la solución de activol (1 ó 5 ppm) por 10 minutos. Después del tratamiento los tubérculos deben secarse al aire y luego colocarse en un ambiente a 18-25°C para acelerar el brotamiento. Dos semanas después del tratamiento el brotamiento es total.

Precauciones. Las soluciones preparadas son inestables y deben ser usadas dentro de las 24 horas de su preparación; temperaturas superiores a 32°C las degradan; concentraciones altas producen tallos ahilados y floración prematura.

Tratamiento con 2-cloroetanol

La clorohidrina de etileno (ethylene chlorohedrin) conocida como 2-cloroetanol es un producto químico peligroso y altamente tóxico para humanos y animales. El producto es altamente volátil y el gas ayuda a romper el período de reposo de los tubérculos-semillas. Este método se recomienda para tratar material genético, especialmente tubérculos de hasta 10 g de peso.

Dosificación. La Unidad de Semilla del CIP recomienda 7-9 ml de 2-cloroetanol por litro de agua para tratar aproximadamente 6-8 kg de tubérculos-semillas.

Procedimiento. Los tubérculos lavados y desinfectados se colocan en bolsas de malla y se sumergen en la solución por 2-4 segundos hasta que se moje toda la superficie. Después de la inmersión, los tubérculos-semillas se colocan en un recipiente de cierre hermético (caja de teknopor u otra). El líquido remanente se coloca rápidamente en vasijas metálicas dentro de la caja. Es importante que el líquido no entre en contacto con las papas por lo que éstas deben ponerse sobre un soporte que las separe del líquido. La caja se cierra por 72 horas. Después del tratamiento los tubérculos se secan al aire y se colocan en un ambiente a 18-25°C para acelerar el brotamiento.

Precauciones. Cuando se manipula el producto se debe usar máscara, guantes de goma y un mandil de plástico tanto para el tratamiento como para sacar los tubérculos mojados después de tratados. No se deben sumergir en la solución los tubérculos dañados y abollados, pues estos se pudren rápidamente como consecuencia del tratamiento. En tubérculos menores de 10 g se producen quemaduras.

Tratamiento con Rindite

El Rindite es un compuesto químico a base de cloro que se obtiene mezclando los siguientes productos:

- 7 partes de 2-cloroetanol (ethylene chlorohedrin)
- 3 partes de 1,2-dicloro etanol (ethylene dichloride), y
- 1 parte de tetracloruro de carbono (carbon tetrachloride), que acelera la volatilización de la mezcla.

El Rindite es un compuesto altamente tóxico y explosivo por lo que se debe evitar el contacto con la piel. Se usa para romper el periodo de reposo de los tubérculos-semillas en sólo 15 días. El

Rindite es compatible con los pesticidas. A mayor tiempo de cosechado el tubérculo, menor será el tiempo de tratamiento.

Dosificación. La Unidad de Semilla del CIP recomienda usar 200 ml de la mezcla por metro cúbico de la cámara de tratamiento.

Procedimiento. Los tubérculos lavados y desinfectados, hasta tres semanas después de la cosecha, se colocan en una caja de tapa hermética. El líquido (Rindite) se coloca en una vasija o plato que contiene un algodón, papel toalla o un tejido absorbente que ayude a la volatilización del producto. Los tubérculos no deben entrar en contacto con el líquido y deben colocarse sobre algún soporte para facilitar el movimiento del gas que se genera. El tratamiento dura 72 horas a una temperatura óptima de 20 a 26°C. A temperaturas más altas el tratamiento con Rindite causa daños en los tubérculos. En ambientes grandes se recomienda usar un pequeño ventilador para hacer circular el gas entre todos los tubérculos. Luego del tratamiento los tubérculos deben colocarse en un ambiente más cálido (18–25°C) para acelerar el brotamiento. Después de 15 días el brotamiento es total.

Precauciones. Para manipular el producto debe usarse guantes de goma, máscara y mandil de plástico. Los tubérculos no deben estar dañados ni brotados para evitar quemaduras. Asimismo, evitar que los tubérculos entren en contacto directo con el producto. El Rindite (mezcla) y sus componentes son explosivos, por lo que se debe tener mucho cuidado cuando se transportan.

Tratamiento con bromoetano

El bromoetano es un producto químico producido comercialmente por la compañía Eastman Kodak (EE.UU.); viene en botellas de 1 litro Su fórmula es C_2H_5Br .

El bromoetano es tóxico y explosivo por lo que debe evitarse el contacto con la piel. Rompe el reposo vegetativo de los tubérculos–semillas 10 días después del tratamiento.

Dosificación. La Unidad de Semilla del CIP recomienda 200 ml del producto puro por metro cúbico de la cámara de tratamiento para tubérculos recién cosechados; la dosis puede reducirse a 100 ml por metro cúbico y 24 horas de tratamiento para tubérculos pequeños (menos de 10 g) y para tubérculos que están al final del período de reposo.

Procedimiento. El manejo es similar al del Rindite. Los tubérculos lavados y desinfectados, hasta tres semanas después de cosechados, se colocan en la cámara de tratamiento. El bromoetano (líquido) se coloca en una vasija o recipiente con algodón, papel toalla o un tejido absorbente para facilitar su volatilización. El tratamiento dura 48 horas en un ambiente herméticamente cerrado y a una temperatura de 20–24°C. Luego del tratamiento los tubérculos deben colocarse a 18–25° C para acelerar el brotamiento. Después de 10 días el brotamiento es total.

Precauciones. Es necesario usar máscara, guantes de goma y mandil de plástico al manipular el producto. Los tubérculos-semillas no deben estar dañados ni brotados para evitar pérdidas por quemaduras.

Este producto es menos tóxico que el Rindite y el 2-cloroetanol pero deben tomarse todas las precauciones del caso al manipularlo, usarlo y transportarlo.

Tratamiento con disulfuro de carbono

El disulfuro de carbono (S_2C) es un líquido muy volátil. Es bastante conocido entre los productores brasileros de papa porque es eficiente y barato. Ellos lo conocen como «bisulfureto de carbono». El gas es peligroso y explosivo. Rompe el reposo de los tubérculos-semillas 20 a 30 días después del tratamiento. El método de aplicación es similar al que se usa para el Rindite y las dosis recomendadas varían de acuerdo a las variedades y a los países.

Dosificación. En Brasil se usa en forma comercial a la dosis de 30-35 ml de S_2C por metro cúbico del recipiente. El tratamiento dura tres días. En India se aplican 50 ml por cada tonelada de semilla durante dos semanas. Las investigaciones llevadas a cabo en Holanda, que recomiendan 12.5 a 25 ml por metro cúbico de la cámara de tratamiento o recipiente durante tres días, a 20°C, han dado muy buenos resultados.

Procedimiento. Los tubérculos-semillas, 15-20 días después de cosechados, son colocados en cámaras apropiadas o en un silo con cierre hermético cubiertas de plástico grueso. Los tubérculos deben ser colocados en cajas, mallas o sacos, nunca a granel, cuidando de dejar un espacio regular entre las cajas o sacos (un tercio del espacio total). En los espacios dejados por las cajas o sacos debe colocarse una vasija o recipiente con disulfuro de carbono embebido en algodón, papel toalla o un tejido absorbente para facilitar su volatilización. Luego del tratamiento los tubérculos deben ser colocados en un almacén, donde 20-30 días después habrá brotado y estarán listos para ser sembrados.

Precauciones. El disulfuro de carbono es extremadamente venenoso y explosivo. Es recomendable el uso de máscara, guantes de goma y mandil de plástico y tener mucho cuidado al manipularlo.

Los tubérculos que van a ser tratados deben estar sanos, sin magulladuras y con la piel bien suberizada para evitar las pérdidas por quemaduras.

Bibliografía

Alferez, R.D. 1982. Efecto del Activol como acelerador del brotamiento en tubérculos-semillas de papa. Tesis UNSAC-Kayra, Cusco - Perú.

Bryan, J.E. 1989. Ruptura del reposo en los tubérculos de papa. Guía de Investigación CIP No.16.

Ezeta, F. 1978. Dormancia y brotamiento en tubérculos de papa. Centro Internacional de la Papa.

Hemberg, T. 1985. Potato Rest., Potato Physiology. University of Stockholm, Sweden. 353-389.

Lopes, J. 1976. Forçamento da Brotação em Batatas-Semente. Tecnologia e Produção de Batatas-Semente. AGIPLAN. 35-46.

Fascículo 3.1

Características generales de los virus y la importancia de las enfermedades que causan

Ciro Barrera

Introducción

Las enfermedades constituyen factores limitantes en la producción de la papa. Estas pueden ser causadas por hongos, bacterias, micoplasmas, virus, viroides y aun por causas abióticas. Los virus comprenden un grupo muy numeroso de patógenos que hasta cierto punto son difíciles de reconocer. A los virus podría mos definirlos como entidades biológicas y patogénicas muy pequeñas de naturaleza química muy simple.

Los virus son patógenos obligados que se multiplican solamente dentro de las células del huésped que infectan. Los viroides constituyen otro grupo de patógenos similares a los virus pero que no poseen la cubierta proteica y su ácido nucleico es mucho más pequeño. Desde el punto de vista práctico, virus y viroides son tratados casi siempre en forma conjunta porque causan enfermedades similares.

Los virus y viroides infectan a sus huéspedes generalmente en forma sistémica, por consiguiente, están presentes en todos los tejidos del huésped infectado. Ambos pueden diseminarse a otras plantas sanas, según la forma de transmisión y/o de la dinámica de sus vectores.

Algunas Propiedades de los Virus

Tamaño y Forma. El tamaño y forma de los virus pueden ser determinados con la ayuda del microscopio electrónico. El tamaño es usualmente expresado en nanómetros (nm). (1nm = 1/1'000,000 mm.)

Las partículas de los virus pueden ser alargadas o isométricas. Las partículas alargadas tienen simetría helicoidal y pueden ser bastones rígidos (Figura 1B), o partículas flexuosas, las cuales usualmente se denominan filamentos (Figuras 1A y 1C). Su longitud puede variar desde 45 hasta 2,000 nm y su ancho entre 11 y 19 nm.

Las partículas isométricas tienen apariencia redondeada o hexagonal (Figura 1G) y pueden variar entre 20 y 70 nm de diámetro. Algunos virus isométricos se presentan como partículas triples (Figura 1D). Otros virus tienen partículas baciliformes (Figuras 1E y 1F).

Algunos virus se presentan normalmente con dos o más partículas de diferente tamaño (virus con genomiomas divididos), como es el caso del tobacco rattle virus (TRV). La partícula más larga (190 nm) contiene la información que determina la infectividad y la virulencia, mientras que las más pequeñas (45-115 nm, según la variante), contiene la información que, entre otras propiedades, determina la producción de la cubierta proteica. La inoculación con las partículas alargadas solamente, da lugar a la infección pero no es posible observar la presencia de partículas virales. La inoculación con las partículas cortas solamente no causa infección. El virus del mosaico de la alfalfa (AIMV) (Figura 1F) es un ejemplo de un virus con cinco tipos de partículas, en el que por lo menos tres de ellas son necesarias para causar infección.

En una población de partículas de cualquier virus, el tamaño aceptado es representado por la longitud de la media modal (valor de la longitud que ocurre con mayor frecuencia).

Composición. Los dos componentes básicos de los virus son: el ácido nucleico, que puede ser ribonucleico (ARN) o desoxirribonucleico (ADN) y la proteína (capsómero); a la suma del ácido nucleico más la proteína se le denomina nucleocápside (Figuras 2A y 2B). El ácido nucleico constituye el genoma del virus, es decir, allí se encuentran los genes que gobiernan las características del virus como infectividad, tamaño y forma de las partículas, virulencia, propiedades generales de la cubierta proteica, etc. La cubierta proteica que protege al ácido nucleico tiene una función importante en la transmisión por vectores y es la responsable de las propiedades inmunológicas del virus; es decir, tiene la capacidad de inducir la producción de anticuerpos específicos contra un determinado virus, cuando éste es inyectado a un animal de sangre caliente. Gracias a esta última propiedad es posible realizar pruebas serológicas útiles en el diagnóstico de los virus en un programa de producción de semilla de papa.

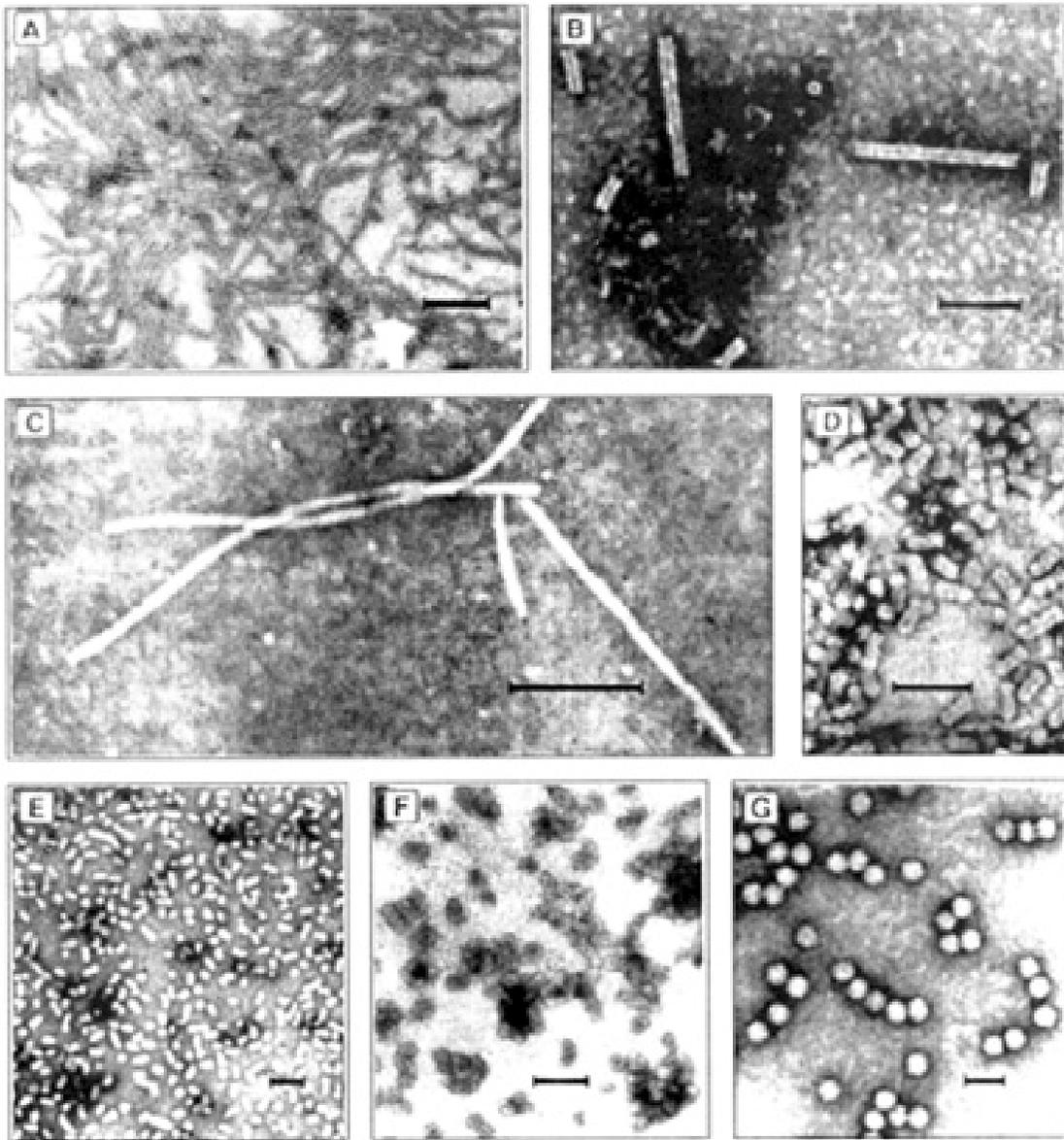


figura 1 Diferentes tipos de partículas virales

- A- Partículas alargadas flexuosas de PVY; Referencia = 300 nm
- B- Partículas alargadas rectas (bastones) de TRV; Referencia = 147 nm
- C- Partículas alargadas de PVI; Referencia = 175 nm
- D- Partículas triples de SALCV; Referencia = 105 nm
- E- Partículas baciliformes de PVY; Referencia = 108 nm
- F- Partículas baciliformes de AIMV; Referencia = 115 nm
- G- Partículas isométricas de PLRV; Referencia 64 nm

La mayoría de los virus que afectan a la papa contienen ARN, pero al menos dos de ellos contienen AND. El ARN puede ser de una o dos hebras, pero la primera es la forma más común. El porcentaje del peso de la partícula representado por ARN o AND varía desde 5% hasta 40%, según el virus. Algunos virus tienen moléculas de ARN de varios tamaños encapsidadas en una misma o en diferentes partículas. En todos los virus la proteína es el componente que se halla en mayor concentración.

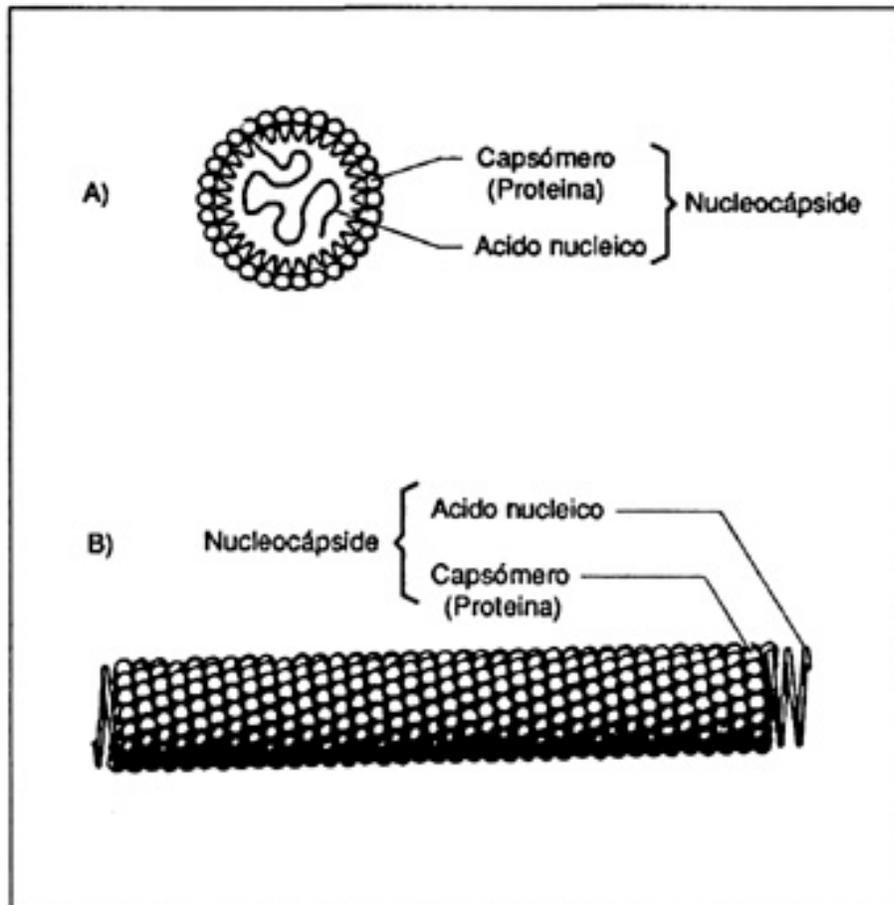


Figura 1 Diagrama esquemático de dos tipos de partículas:
A) Partícula esférica
B) Partícula alargada

Los viroides son agentes más pequeños causantes de enfermedades; se presentan en la naturaleza como ARN circular de una sola hebra sin cubierta proteica, el cual tiene alto grado de apareamiento de bases.

Importancia de las Enfermedades Virales

Una enfermedad viral es considerada importante cuando reúne las siguientes características: a) ocasiona reducción en los rendimientos; b) tiene amplia distribución; c) tiene rápida diseminación; y d) es difícil de controlar.

a) Reducción del rendimiento. La agricultura es una actividad económica y los virus pueden llegar a ocasionar reducciones significativas en los rendimientos. Entre los virus de papa que causan reducciones significativas en el rendimiento tenemos al PLRV, PVY, PVX, etc. Si el virus ocasiona una reducción mínima en los rendimientos, su importancia será limitada, como es el caso de PVT.

b) Distribución. Una enfermedad es más importante si tiene una distribución más amplia; tal es el caso del PLRV, PVY, PVX y PVS que tienen distribución mundial; prácticamente están presentes en todos los lugares donde se cultiva la papa. Hay otros virus, sin embargo, como APMV y APLV que generalmente se encuentran restringidos a la región andina; su importancia es por lo tanto limitada.

c) Diseminación. Si dentro de una campaña agrícola de papa, un determinado virus se disemina rápidamente (altos porcentajes de plantas infectadas), será considerado importante y viceversa. La diseminación tiene relación directa con la forma de transmisión y la dinámica de sus vectores. PLRV se disemina por la actividad de los áfidos, los cuales son muy dinámicos y pueden introducir el virus desde campos ubicados a muchos kilómetros de distancia y también diseminarlos dentro de un determinado campo.

d) Control. A diferencia de los insectos y otras enfermedades que se controlan con pesticidas, no hay producto químico alguno que controle a los virus. Por consiguiente, la prevención constituye el único método efectivo de control; esto significa que el manejo de los materiales libres de virus demandan gastos económicos significativos.

Degeneración» de la Papa.

La «degeneración» de la papa ha sido motivo de discusión entre los productores e investigadores. En la actualidad se le considera como el efecto de las enfermedades virales que ocasionan una reducción progresiva en el rendimiento de los tubérculos; su incidencia se incrementa a medida que los tubérculos infectados son usados nuevamente como semilla en las siguientes generaciones. Una menor o mayor «degeneración» dependerá del cultivar de papa, del virus que lo infecte, del "strain" o variante del virus y de las condiciones del medio ambiente donde se lleve a cabo el cultivo.

Por las razones antes mencionadas no es posible precisar un efecto de las enfermedades virales que pueda ser aplicable a las diferentes condiciones del cultivo. El número de virus que han sido encontrados en papa es muy grande (Cuadro 1); Sin embargo, a nivel mundial los virus más importantes en orden descendente son : PLRV, PVY, PVX, PVS y PVM. En América del Sur, y en especial en la zona Andina, APLV, APMV y PMTV ocupan lugares importantes después de PLRV y PVY. Todos los virus presentan variantes que muestran mayor o menor severidad en sus huéspedes, aunque en la severidad tiene que ver

el genotipo de la planta. Por ejemplo en el PVY el strain PVY^N causa generalmente mosaicos suaves, mientras que PVY^O produce necrosis severa.

Cuadro 1 Características de los virus y viroides que afectan a la papa

Virus	Tamaño (nm)*	Transmisión natural	Principales síntomas**
Potato virus A	740 x 11	Afidos	Mosaico, Enc.
Potato Virus Y	740 x 11	Afidos	Mos., Nec.; Rug.
Potato Virus V	740 x 11	Afidos	Mosaico.
Potato Virus X	520 x 13	Contacto, <i>S. endobiot.</i>	Mosaico
Potato aucuba mosaic	520 x 13	Afidos., Contacto	Mosaico
Potato mop -top	300 x 18	<i>S. subterranea</i>	Ama., Enanismo
Potato leafroll	28	Afidos	Enrollamiento
Potato Virus T	640 x 10	Contacto., SSP	Latente
Potato Virus S	640 x 11	Contacto, Afidos	Mos., Enc., Bronceado
Potato Virus M	640 x 11	Cont., Afidos	Mos., Rug., Latente
Andean Potato Latent	28	<i>Epitrix.</i> , Cont., SSP?	Mos., Ama., Clorosis
Andean Potato Mottle	28	Cont., Insecto?	Mos., Rug., Def.
Potato black ringspot	26	<i>Xiphinema?</i>	Necrosis, Ama.
Tobacco ringspot	28	<i>Xiphinema</i> , SSP	Ama., Necrosis.
Arracacha virus B	26	SSP	Latente.
Tobacco streak	28	Thrips	Clor., Def.
Beet curly top	17 (pares)	Saltahojas	Deformación.
Solanum apical leaf curl	17 (tripletes)	Desconocido	Def., Clor.
Potato yellow dwarf	380 x 75	Saltahojas	Ena., Clor.
Tobacco necrosis	26	<i>Olipidium sp.</i>	Necrosis. en tub.
Alfalfa mosaic	58, 52, 42 x 18	Afidos, SSP	Cálico, Mos.
Potato yellowing (SB-22)	58, 52, 42 x 18	Afidos, SSP	Amarillamiento
Tobacco mosaic	300 x 18	Contacto	Mosaico, Ama.
Tomato spotted wilt	80	Thrips	Necrosis
Cucumber mosaic	30	Afidos	Enanismo
Tobacco rattle	190 -45 x 22	<i>Trichodorus sp.</i>	Ama., Mos., Def. Nec.
Potato spindle tuber	RNA circular.	Contacto, SSP	Def. en tub. Variable

* 1nm = 0.000001 mm

** Mos. = Mosaico; Nec. = Necrosis; Rug. = Rugosidad; Ama. = Amarillamiento; Ena. = Enanismo;

Enc. = Encrespamiento; Def. = Deformación; Clor. = Clorosis; SSP = Semilla Sexual de Papa

El medio ambiente juega un papel determinante en la severidad de los síntomas; así por ejemplo en condiciones de temperatura baja (10 °C) y altas (superiores a 25 °C), las plantas con PVX generalmente no muestran síntomas (infección latente). Aparentemente su concentración dentro de la planta es baja y por lo tanto su efecto en el rendimiento es menor. Otro ejemplo lo constituye el PSTVd, que sólo se multiplica y se acumula en alta concentración en los tejidos de la planta en condiciones de alta temperatura (superiores a 20- 22°C)

Diseminación de los Virus en el Campo

Los virus en la naturaleza son transmitidos de plantas infectadas a plantas sanas en varias formas: a) por contacto directo; b) por semilla botánica; c) por vectores habitantes del suelo (no artrópodos); y d) por vectores artrópodos.

a) Transmisión por contacto directo. Ocurre en forma natural cuando las hojas de una planta infectada rozan o se ponen en contacto con las hojas de una planta sana, provocando roturas de pelos o tricomas de las hojas, por donde se inicia la infección. Esta transmisión también se produce por el tránsito a través de los campos de personas, animales o implementos agrícolas. PVX es uno de los principales virus que infectan a la papa con esta forma de transmisión. También ha sido demostrada la transmisión por contacto del APMV, APLV y con algunos aislamientos de PVS. Esta es también la principal forma de diseminación del PSTVd bajo condiciones de campo.

b) Transmisión por semilla botánica. Ocurre cuando el ovario o el polen se encuentran infectados. Los virus que se transmiten por esta forma son: PVT, AIMV, TRSV-Ca, AVB-O, APLV, PVY y el viroide PSTVd. En general, la transmisión por semilla botánica no es importante en un cultivo propagado vegetativamente como la papa, excepto en los trabajos de mejoramiento para la obtención de nuevas variedades y en los casos de distribución internacional de material genético (cuarentena).

c) Vectores habitantes del suelo (no artrópodos). Entre los virus transmitidos por estos vectores se conocen el PMTV, transmitido por *Spongospora subterranea*, PVX transmitido por *Synchytrium endobioticum* (aunque ésta no es su principal forma de diseminación), TNV que es transmitido por *Olpidium sp.*, TRV que es transmitido por *Trichodorus sp.* y PBRV por *Xiphinema sp.* (no confirmado). Esta forma de transmisión es considerada de poca importancia por el limitado movimiento de los vectores en el suelo.

d) Vectores artrópodos. Entre los más importantes que transmiten virus de papa en forma persistente o no persistente están los áfidos. En la forma no persistente, los áfidos adquieren el virus y tienen la capacidad de transmitirlo inmediatamente, dejando de ser virulíferos poco tiempo después de alimentarse en el huésped; bajo esta forma, una simple prueba de degustación del áfido, al tratar de encontrar a su hospedero, es suficiente para transmitir el virus. En la forma persistente, los áfidos no pueden transmitir el virus inmediatamente después de adquirirlos, sino después de un período de incubación, y el áfido permanece virulífero por el resto de su vida. Entre los virus de papa, PVY, PVA y algunos aislamientos de PVS son transmitidos por áfidos en forma no persistente, mientras que PLRV es transmitido en forma persistente.

Otro grupo de insectos vectores de virus en papa son los escarabajos; de éstos los más importantes son los crisomélidos que transmiten APMV y APLV. El mecanismo de transmisión de los virus transmitidos por escarabajos está parcialmente entendido. No se ha demostrado ningún período de incubación y el tiempo de retención del virus varía desde un día hasta tres semanas.

Bibliografía

Barrera, C. 1988. Seguimiento Viroológico de Clones de Papa con Genes para Resistencia a PVX y PVY bajo Condiciones de Campo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Tesis M. Sc. Lima, Perú. 90 p.

Bertschinger, L. 1989. Epidemiological Study on Virus Diseases. En: Control of Virus and Virus-Like Diseases of Potato and Sweet Potato. Report of the Planning Conference. p. 203-212.

De Bokx, J.A. 1980. Virus de la papa y de la semilla de la papa. Hemisferio Sur. Argentina. 303 p.

Fribourg, C.E. 1980. Historia y distribución de virus de papa en América Latina. Fitopatología 15: 13-24.

Salazar, L. 1982. Enfermedades virosas de la papa. Centro Internacional de la Papa, CIP. Lima, Perú. 111 p.

Fascículo 3.3

Principales Enfermedades Fungosas de la Papa Relacionadas con la Producción de Tubérculos-semillas

Hébert Torres

Las enfermedades causadas por hongos son muy importantes en la producción de tubérculos-semillas de papa. Algunas pueden destruir las plantaciones, mientras que otras ocasionan pérdidas en los rendimientos y le restan calidad a los tubérculos, como es el caso de la roña y la verruga, cuyos patógenos, además, transmiten los virus PMTV (potato mop-top virus) y PVX (virus X de la papa), respectivamente. Si se siembran tubérculos-semillas sanos en un suelo infestado por patógenos de suelo o las plantas no son protegidas de las enfermedades durante el desarrollo del cultivo, las pérdidas podrían ser severas. Las enfermedades fungosas interfieren con las evaluaciones de otras enfermedades y principalmente con aquéllas causadas por virus. Los agricultores dedicados a la producción de tubérculos-semillas deben tener los conocimientos y la experiencia necesarios para proteger sus cultivos y de esta forma tener campos de papa que, además de dar buenos rendimientos, posean la sanidad que exige el Reglamento de Semillas de cada país.

Más de 30 enfermedades de la papa son causadas por hongos; sin embargo, en esta oportunidad sólo se describirán aquéllas muy relacionadas con la producción de tubérculos-semillas.

Tizon tardío (Phytophthora infestans)

Es la enfermedad más importante del cultivo de la papa porque, si se combina una alta presión del inóculo, condiciones ambientales favorables para el desarrollo del hongo y un control deficiente, el cultivo puede ser destruido en menos de 15 días. Asimismo, en el caso que la enfermedad sea controlada sólo parcialmente, las lesiones necróticas en las hojas o tallos interfieren en las evaluaciones de otras enfermedades. De otro lado, de acuerdo a lo establecido en la ley o en los reglamentos de semillas de algunos países, la producción de tubérculos-semillas debe ser desechada cuando se sobrepasa un porcentaje determinado de tubérculos infectados. Por estas razones, se deben tomar las medidas necesarias para obtener cultivos sanos.

Sintomatología

La enfermedad afecta a hojas, tallos, bayas y tubérculos. Inicialmente se observan pequeñas manchas de color verde oscuro en las hojas infectadas. A medida que la enfermedad progresa, estas manchas se transforman en lesiones necróticas de color marrón claro a marrón oscuro que, según la severidad del ataque, pueden abarcar toda la hoja. Durante el desarrollo de la enfermedad, las lesiones necróticas son separadas del tejido sano por un halo amarillento. En el envés de las hojas infectadas desarrolla un mildiú veloso de color blanquecino constituido por los esporangioforos y los esporangios del hongo. Estas estructuras salen por los estomas que se encuentran en gran cantidad en el envés de las hojas.

Los síntomas en los tallos infectados se caracterizan por las lesiones necróticas de color marrón oscuro, de tamaño variable (hasta 10 cm de largo). Como con secuencia, las hojas se enrollan, los tallos se tornan quebradizos y pueden romperse con la fuerza del viento o con el rozamiento de las máquinas o personas que transitan por el campo.

Los tubérculos infectados se caracterizan porque muestran una pudrición de consistencia dura. Externamente se observan lesiones descoloridas de forma y tamaño variables. Al cortar los tubérculos enfermos se observan manchas irregulares de color marrón claro, de tamaño y forma variables y de consistencia corchosa.

Las bayas infectadas muestran externamente lesiones oscuras de consistencia dura, e internamente manchas oscuras de forma y tamaño variables.

Agente causal

El tizón tardío, conocido también como «rancha», «lancha», «gota» o simplemente «tizón» es causado por el hongo *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. El hongo se caracteriza porque tiene micelio cenocítico, esporangioforo de crecimiento ilimitado, esporangios papilados y oosporas. En condiciones óptimas de alta temperatura (24°C) y alta humedad (100%), los esporangios pueden germinar directamente formando un tubo germinativo. Sin embargo, a baja temperatura (12-15°C), se forman de 2 a 20 zoosporas en el interior del esporangio. Las zoosporas tienen dos flagelos con los cuales se movilizan en la película de agua de las hojas, cuando son liberadas de los esporangios. Las oosporas son estructuras sexuales que se producen por la unión de los grupos de apareamiento conocidos como A1 y A2. El A1 está presente en todas las zonas paperas del mundo, mientras que el A2 estuvo restringido hasta hace algunos años sólo a México, pero ahora está en otras partes del mundo. Hay una gran preocupación porque la presencia del A2 puede dar lugar a la aparición de nuevas variantes más agresivas de *P. infestans*. Hasta la fecha se han encontrado dos variantes: A2-7, que afecta más al tomate que a la papa y A2-8 que afecta más severamente a la papa que al tomate.

Epidemiología

La infección en las plantas se produce por el inóculo que se encuentra presente en el medio ambiente, en el suelo y en tubérculos-semillas infectados. La neblina o las lluvias constantes que se presentan en las zonas paperas, unidas a una baja temperatura (12 a 15°C), son condiciones apropiadas para que los esporangios formen zoosporas. Estas se movilizan en una película de agua, se enquistan, germinan y penetran en la hoja. La película de agua generalmente está localizada en el ápice y en los bordes de los folíolos; por esta razón, la infección casi siempre se inicia en estos lugares.

La infección en los tubérculos ocurre porque las gotas de la lluvia lavan los esporangios del hongo de las hojas infectadas y los transporta al suelo, donde infectan especialmente a los tubérculos más superficiales, expuestos al medio ambiente. Los tubérculos-semillas parcialmente infectados que escapan en el proceso de selección, se pudren completamente cuando son almacenados; asimismo, los tubérculos enfermos predisponen la entrada de otros patógenos como *Fusarium* o *Erwinia*, ocasionando posteriormente pudriciones parciales o totales. Por otra parte, cuando se siembran tubérculos-semillas infectados el hongo desarrolla paralelamente al crecimiento de las plantas y constituye uno de los focos de infección y diseminación del hongo.

Tolerancia de la enfermedad según los reglamentos.

Cada país tiene límites de tolerancia para el tizón tardío, de acuerdo con sus reglamentos de certificación de tubérculos-semillas. Algunos países no permiten la presencia de la enfermedad en los cultivos destinados a la producción de diferentes categorías de tubérculos-semillas; otros, en cambio, no permiten la enfermedad en los semilleros de la categoría básica, pero admiten cierta tolerancia junto con otras enfermedades, en otras categorías de tubérculos-semillas. La tolerancia a la enfermedad en cada país

depende del factor de importancia y de la incidencia de la enfermedad. La tolerancia en tubérculos-semillas se mide por el porcentaje en peso de tubérculos enfermos; en el caso de Chile, el material es desechado si excede el 0.2% de tubérculos enfermos. Cualquiera que sea el nivel de tolerancia que se use en cada país, lo más conveniente es que en los cultivos de papa destinados para la producción de tubérculos-semillas se evite sembrar semilla infectada y proteger los campos de papa por medio de un riguroso programa de control integrado de la enfermedad.

Control integrado

Ningún método por separado controla eficientemente al tizón tardío. Por esta razón, se recomienda practicar el manejo integrado de la enfermedad.

Uso de variedades resistentes. Es muy importante en los lugares donde las condiciones son favorables para el desarrollo de la enfermedad; el uso de variedades resistentes, sin embargo, no significa dejar de usar los otros métodos de control, incluyendo el control químico. Las variedades resistentes deben ser protegidas con un menor número de aplicaciones para mantener los campos sanos y evitar la aparición y la presencia de otras razas fisiológicas del hongo, las cuales podrían romper la resistencia en un tiempo muy corto. Las variedades de papa resistentes al tizón tardío en el Perú son: «Perricholi», «Canchán INIA», «Amarilis INIA» y «K'ori INIA»; en Ecuador: «INIAP Santa Rita»; en Venezuela: «Andinita»; en Guatemala: «ICTA Xalapán»; en Panamá: «IDIAP 92». Estas, entre otras 23 que se cultivan en diferentes países en desarrollo, han sido desarrolladas y liberadas por los programas nacionales, con la colaboración del CIP. La mayoría de estas variedades tienen genes mayores de resistencia, pero, en los últimos años se han iniciado los trabajos para desarrollar variedades con resistencia horizontal y sin genes mayores.

Labores culturales. Las siguientes medidas ayudan a disminuir la incidencia de la enfermedad y a reducir las pérdidas en el campo: 1) usar tubérculos-semillas sanos, 2) realizar aporques altos para evitar la infección de los tubérculos 3) cortar el follaje cuando está muy afectado para evitar la infección en los tubérculos, 4) no cosechar en días lluviosos, 5) adelantar la siembra para escapar a las condiciones que favorecen al desarrollo del hongo; y 6) plantar en lugares donde las condiciones ambientales no sean favorables para el desarrollo de la enfermedad. En el caso de la región andina estos lugares están situados en las partes altas, donde la baja temperatura predominante no favorece el buen desarrollo del patógeno y por consiguiente los daños son menores.

Protección con fungicidas. En el Perú y otros países de la región Andina, los agricultores cultivan una diversidad de variedades de papa (incluyendo las nativas) que no tienen resistencia a la enfermedad, por esta razón, es imprescindible para ellos el uso de fungicidas para proteger sus cultivos. Las aplicaciones de fungicidas en los países desarrollados se inician de acuerdo a un pronóstico basado en los registros de temperatura y humedad, que son importantes en el desarrollo del patógeno; lamentablemente, en los países en desarrollo no se dispone de datos estadísticos sólidos que permitan pronosticar el momento oportuno para iniciar las aplicaciones.

En el mercado se encuentran muchos productos químicos, los cuales deben ser usados según las recomendaciones de las casas comerciales (dosis adecuada, aplicación oportuna, aspersión con gotas finas, etc.). Cuando se trata de cultivos de papa para obtener tubérculos-semillas se debe seguir una estrategia del control de la enfermedad. Si las condiciones ambientales son apropiadas para el desarrollo del hongo (100% de HR y de 12 a 15°C), se recomienda el uso de fungicidas sistémicos como Ridomil MZ 58 o Ridomil MZ 72. Los dos tienen la combinación del Metalaxil + Mancozeb, el primero 10% de Metalaxil y 48% de Mancozeb, el segundo, 8% de Metalaxil y 64% de Mancozeb. CIBA GEIGY, laboratorio que desarrolló el Metalaxil, recomienda realizar las tres primeras (y no más de tres) aplicaciones con Ridomil MZ 58. Sin embargo, los resultados de ensayos realizados en EE.UU., (comunicación personal de Neil Gudmestad, Universidad de Dakota del Norte, Fargo) sugieren que cuando se trata de variantes de A1, se pueden realizar 3 aplicaciones, mientras que cuando se trata de la variante A2 sólo deb hacerse una aplicación, debido a que las variantes de este grupo son más agresivas y resistentes al Metalaxil.

Si las aplicaciones, de acuerdo a la estrategia establecida para controlar las variantes de A1, se inician a los 30 días después de la siembra (cada 12-14 días), el cultivo estaría protegido hasta los 66 días. Luego se deben aplicar fungicidas de contacto (cada 5-7 días), incluyendo los fungicidas formulados a base de cobre como Cupravit. El cobre es muy estable y eficiente para controlar el hongo; los fungicidas cúpricos, sin embargo, deben aplicarse después de la floración o cuando los tubérculos ya se han formado, para no interrumpir su desarrollo normal. Debe tenerse en cuenta también que el cobre es tóxico para la papa cuando se establece en el suelo y es absorbido por la planta. Finalmente, cuando no hay humedad en el ambiente las aplicaciones de fungicidas sistémicos se pueden reducir sólo a dos, seguidas también de un menor número de aplicaciones de fungicidas de contacto.

Las condiciones ambientales en algunas regiones de algunos países son muy favorables para el desarrollo del tizón tardío; este es el caso de Toluca y Saltillo en México y Cerro Volcán en Panamá, donde se realizan entre 26 y 40 aplicaciones por campaña para controlarlo. La lluvia lava las aplicaciones casi inmediatamente y entonces se debe volver a aplicar el mismo día.

Con todas estas recomendaciones y las experiencias de los técnicos y agricultores se debe diseñar una estrategia de control de la enfermedad para cada zona de producción.

Marchitez por Verticillium (Verticillium spp.)

La enfermedad está presente en todas las zonas productoras de papa del mundo. En el Perú se encuentra distribuida desde el nivel del mar hasta los 4000 m de altitud. La enfermedad adquiere gran importancia cuando *Verticillium* interacciona con otros patógenos (nematodos, hongos y bacterias) en el campo. En la producción de tubérculos-semillas, los síntomas de marchitez y amarillamiento de hojas interfieren con la evaluación de las enfermedades causadas por virus. Por otra parte, las plantas enfermas producen tubérculos de tamaño mediano como consecuencia de la muerte prematura de las plantas infectadas. Esto sucede especialmente en variedades de papa precoces, más no en las tardías. En el caso de Perú, donde en la mayoría de las zonas paperas de las partes altas de la sierra se siembran variedades tardías, la enfermedad generalmente pasa desapercibida y no se le da importancia; en la costa, sin embargo, donde

se siembran variedades precoces, la enfermedad puede ocasionar severas pérdidas, por sí misma y también en interacción con otros patógenos que están presentes en el suelo.

Sintomas

Marchitez. En condiciones controladas de invernadero, las plantas afectadas muestran la marchitez a partir de los 40 a 45 días después de la siembra. La marchitez se presenta en forma unilateral con una clorosis y/o amarillamiento de las hojas del tercio inferior de la planta. A medida que la marchitez avanza hacia arriba, las hojas atacadas mueren pero se mantienen unidas al tallo. La severidad de la enfermedad está asociada a la falta de agua en el campo, precocidad de las variedades, nivel de infestación del suelo y a la interacción con otros patógenos.

Muerte temprana. Las plantas de variedades precoces mueren sin haber alcanzado su madurez fisiológica. En plantas inoculadas en el invernadero, la muerte ocurre entre 10 y 30 días antes de la senescencia natural.

Ennegrecimiento de los tallos muertos. Los tallos de las plantas muertas se vuelven de color negro por la formación de los micelios de descanso que caracterizan a la especie *V. alboatrum*; y/o de color grisáceo, por la formación de microesclerocios que caracterizan a la especie *V. dahliae*.

Descoloración de los haces vasculares. Los haces vasculares de los tallos afectados así como también el anillo vascular de los tubérculos infectados cambian al color marrón oscuro y al color amarillo intenso, respectivamente. Sin embargo, estos síntomas también pueden ser causados por otros patógenos como *Fusarium solani* f.sp. *eumartii*.

Tubérculos medianos o pequeños. En las plantas afectadas por la enfermedad los tubérculos son de menor tamaño como consecuencia de la senescencia o muerte temprana de las plantas. Las pérdidas que se producen en el campo están relacionadas con el peso de los tubérculos, pero no con el número de éstos; por esta razón, los agricultores no diferencian las pérdidas que ocasiona la enfermedad.

Agente causal

La enfermedad es causada por varias especies de *Verticillium*, de las cuales *V. alboatrum* y *V. dahliae* son las más importantes. Están presentes en el Perú y en muchos países del mundo. *V.alboatrum* forma micelios de descanso, no forma microesclerocios, es más patogénica, es más fácil de controlar y está presente en lugares húmedos y fríos (16-27°C). *V. dahliae* forma microesclerocios, no forma micelios de descanso, es menos patogénica, es más difícil de controlar cuando se establece en el suelo y está presente en suelos de lugares más cálidos (22-27°C).

Epidemiología

El hongo está presente en el suelo y en el medio ambiente. Puede ser transportado en el anillo vascular de los tubérculos, pero, afortunadamente esto ocurre sólo en un 10 a 12% de los tubérculos. Las conidias que están presentes en los ojos de los tubérculos o en las partículas de tierra adheridas a la superficie de los tubérculos constituye la principal fuente de inóculo y diseminación del hongo. Estas conidias germinan e ingresan por las raíces de la nueva planta y ocasionan los primeros síntomas de marchitez, que en el caso de las variedades precoces ocurre a partir de los 45 días de la siembra. El hongo se disemina también por el aire, por el agua de riego contaminada, por el contacto de las raíces de una planta sana con las de una planta enferma y por el uso de herramientas o maquinaria contaminados.

Los Reglamentos de Semillas de diferentes países en desarrollo no mencionan los límites de tolerancia permitidos en el proceso de certificación debido posiblemente a que no lo consideran importante. Esto se debe a que los agricultores desconocen la enfermedad y porque el control de la enfermedad en países desarrollados se realiza con fumigaciones al suelo. En el Perú y en otros países en desarrollo, sin embargo, no se emplea esta práctica porque es muy costosa. Esta enfermedad, especialmente cuando el agente causal interacciona con otros patógenos, ocasiona severas pérdidas. Se le debe considerar como otro factor limitante de la calidad de los tubérculos-semillas, porque éstos constituyen fuentes de diseminación e infección importantes.

Control integrado

Para el control de esta enfermedad se requiere realizar las siguientes prácticas:

- Usar variedades resistentes. Las variedades tardías, como muchas de las variedades nativas (Huayro) y mejoradas (Yungay) del Perú, muestran resistencia a la enfermedad. Las variedades precoces son muy susceptibles.
- En los suelos infestados se recomienda sembrar pastos o cereales durante 4 a 5 años. Estos cultivos no son afectados por el hongo.
- Usar tubérculos-semillas sanos, procedentes de campos no infestados.
- Eliminar todas las malezas del campo, porque muchas de éstas son hospedantes del hongo.
- Desinfectar los tubérculos-semillas con fungicidas como Benlate, para controlar las conidias que se encuentran en la superficie de los tubérculos.
- Evitar sembrar en suelos infestados o fumigar los suelos con Busan 1020.

Rizoctoniosis (Rhizoctonia solani Kuhn)

Esta enfermedad está presente en todas las zonas productoras de papa del mundo. Es muy importante porque disminuye la calidad de los tubérculos-semillas debido a la presencia de los esclerocios en la superficie de los tubérculos. Cuando la enfermedad afecta la base de la planta ocasiona cierto enrollamiento de las hojas semejante a los síntomas de PLRV e interfiere en la evaluación de éste y puede

ocasionar el descarte de plantas supuestamente infectadas con el virus del enrollamiento (PLRV), cuando en realidad se trata de plantas afectadas por *R. solani*.

Sintomatología

La enfermedad afecta tallos, estolones y tubérculos. Los tallos afectados presentan lesiones necróticas en forma de canchales a nivel del cuello. Estos canchales pueden matar los brotes durante la emergencia. Los tallos afectados también pueden presentar una capa de crecimiento fungoso de color blanquecino a la altura del cuello, que corresponde a la fase sexual del hongo; esta fase no afecta al tejido sobre el cual se desarrolla.

Los estolones atacados también muestran canchales. Las lesiones que produce estrangulan a los estolones e interrumpen el desarrollo normal de los tubérculos.

En la superficie de los tubérculos afectados se observan estructuras de color negro que constituyen los esclerocios del hongo.

Agente causal

La enfermedad es causada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, cuyo estado sexual es *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. Este hongo de acuerdo a su propiedad de anastomosis está dividido en grupos. En el Perú, están presentes los grupos de anastomosis (GA) GA3 y GA4 de *Rhizoctonia*. El GA3 está presente en la Sierra del Perú, forma esclerocios en la superficie de los tubérculos, soporta temperaturas frías y afecta principalmente a la papa. El GA4 en cambio, está presente en la costa, en la Selva alta y en los valles interandinos calientes; no forma esclerocios, y afecta, además de la papa, a un gran número de hospedantes.

Epidemiología

El inóculo está presente en el suelo y también en forma de esclerocios en la superficie de los tubérculos-semillas. En el caso del GA3, el hongo se mantiene en el suelo bajo la forma de esclerocios y en el caso del GA4 como micelio en los restos de tejidos de muchos hospedantes. La infestación de los suelos ocurre cuando se usan tubérculos-semillas infectados; el inóculo se incrementa cuando no se hacen las rotaciones con otros cultivos como maíz, trigo o cebada. Esto es particularmente importante con el GA3 que ataca especialmente a la papa. Las condiciones favorables para el desarrollo del hongo se dan cuando se siembran con buena humedad del suelo y temperatura de alrededor de 18°C. Bajo estas condiciones, los esclerocios y los micelios del hongo germinan y afectan los tejidos jóvenes (ubicados en la parte inferior de los brotes en emergencia y estolones) de las plantas de papa.

Límites de tolerancia

La tolerancia de los tubérculos-semillas a la rizoctoniosis está determinada por un factor de importancia que se le da a la enfermedad y por el porcentaje de tubérculos afectados. En el caso de Perú, el factor de importancia que se le da a la rizoctoniosis durante el desarrollo de las plantas y al momento de comercializar los tubérculos-semillas es 4. Este factor se multiplica por el porcentaje de tubérculos-semillas afectados y el resultado dará un determinado puntaje, que al sumarse con los puntajes de otras enfermedades dará el puntaje máximo, el cual es variable de acuerdo a la categoría de semilla. De esta manera, si al momento del muestreo el porcentaje de tubérculos-semillas de un determinado lote registra 11% y el factor de importancia es 4, el puntaje sólo para tubérculos-semillas con rizoctoniosis será 44. Si los tubérculos-semillas tienen la categoría básica y el puntaje máximo para esta categoría es 40, el lote será desechado sin considerar los puntajes de las otras enfermedades que pudieran estar presentes. En el caso de Chile, la tolerancia de los tubérculos-semillas con rizoctoniosis está expresada en el porcentaje en peso. Para los tubérculos-semillas de las categorías prebásica, básica y C1, el límite de tolerancia es 5%, 10% y 15%, respectivamente. En todos los casos, los esclerocios del hongo no deben cubrir más del 30% de la superficie de los tubérculos-semillas afectados.

Control

- Usar tubérculos-semillas libres de esclerocios.
- Evitar el monocultivo y hacer rotaciones con cultivos que no sean hospedantes del hongo, como los cereales.
- Desinfectar los tubérculos-semillas con fungicidas sistémicos como Benlate durante 3 a 5 minutos, para proteger a las plantas durante la emergencia.
- Aplicar fungicidas como Tecto o PCNB al suelo, al momento de la siembra, disminuye los daños pero no incrementa los rendimientos. Por otra parte, en ensayos conducidos en México comunicación personal de G. Virgen), la aplicación de Monceren controla eficientemente al GA3, mientras que Rhizolex controla al GA4.

Roña (Spongospora subterranea (Wallr.) Lagerh.)

Además del daño directo que ocasiona en los tubérculos- semillas, el hongo que causa esta enfermedad transmite el virus conocido como Potato Mop Top (PMTV). Está presente en las áreas paperas localizadas en las partes frías y húmedas entre las latitudes 65°N y 53°S. También se le encuentra en las partes altas de la zona tropical, como la región andina en América del Sur y en Costa Rica en América Central. En el Perú la enfermedad está localizada sólo en la sierra y los mayores daños se presenta entre los 3,500 y 3,900 m de altitud.

Sintomatología

Las raíces de las plantas enfermas muestran agallas o tumores de 1-2 cm. Las agallas cuando están jóvenes son de color blanquecino y cuando maduran se tornan oscuras.

Los tubérculos enfermos muestran pústulas que al inicio son lisas, de color blanquecino y de 2 a 3 mm de tamaño. Posteriormente, las pústulas desarrollan y alcanzan aproximadamente 1 cm de diámetro. En algunos casos las pústulas se juntan y forman áreas de infección más grandes que abarcan una buena parte de la superficie del tubérculo. Cuando las pústulas alcanzan la madurez, el tejido de éstas se rompe y libera las soras que contienen los esporangios de descanso. Como consecuencia, las pústulas se muestran en la superficie de los tubérculos como áreas cicatrizadas que pueden permitir la entrada de otros patógenos como *Fusarium*. Finalmente, cuando la infección se presenta en los ojos de los tubérculos, se produce un desarrollo secundario en el tubérculo afectado.

Los tubérculos-semillas que al momento de la cosecha muestran más del 5% de roña en sus superficies, de acuerdo a la Ley de Semillas de Perú, tienen un puntaje de calificación que desfavorece la calidad.

Agente causal

La enfermedad es causada por el hongo *Spongospora subterranea* (Wallr.) Lagerh. El hongo se caracteriza porque forma soras en el tejido infectado, las cuales contienen los esporangios de descanso. Los esporangios germinan y dan lugar a una zoospora que ingresa por los pelos radiculares. Allí se forman los plasmodios que producen zoosporas secundarias que cuando son liberadas infectan raíces y tubérculos.

Epidemiología

La infección en las plantas de papa se produce por el inóculo que está presente en el suelo y en los tubérculos-semillas que llevan al hongo. Los esporangios de descanso sobreviven en el suelo hasta por seis años. Para que haya infección se requiere una buena humedad del suelo y una temperatura entre 16 y 20°C. Esto explica porqué en los cultivos de papa en la sierra de Perú, en los años en que no hay suficiente humedad en el suelo, la incidencia de la enfermedad es baja durante el primer estado de desarrollo de la planta.

Límites de tolerancia

De acuerdo con los Reglamentos de Semillas de algunos países, la enfermedad no debe estar presente en los tubérculos-semillas de categoría básica, pero en la categoría certificada el límite de tolerancia es hasta un 10% de tubérculos afectados, con un grado de infección máximo de 15% del área que cubre la superficie infectada de los tubérculos; estos límites pueden variar de acuerdo al país.

Control

- Usar tubérculos-semillas sanos.
- Rotar los campos infestados con cultivos como cereales y pastos, por un período de cinco a seis años.
- Recoger todos los tubérculos infectados que se encuentran en el campo durante la cosecha; luego eliminarlos o quemarlos para evitar la diseminación del hongo.
- Desinfectar los tubérculos-semillas con fungicidas como Tecto o Benlate durante 3 a 5 minutos. Esta práctica sólo reduce el inóculo que se encuentra en la superficie de los tubérculos.

- Usar variedades resistentes. Para el caso de la zona del Cusco, Perú, son resistentes la variedad «Albina», el clon G81422.6 y en Ecuador la variedad «Gabriela».
- Fumigar los campos con Busan 1020, cuando están infestados con *Spongospora* y otros patógenos de suelo.

Bibliografía

Anguiz, J.R. y C. Martin. 1990. Caracterización y Patogenicidad de *Rhizoctonia solani* Kühn que afecta a la papa en tres zonas ecológicas del Perú. *Fitopatología* 25:16-22.

Henfling W.J. 1987. El Tizón Tardío de la Papa (*Phytophthora infestans*). Centro Internacional de la Papa. Boletín de Información Técnica 4. 25 p.

Hims, M.J. y T.F. Preece 1975. *Spongospora subterranea* f. sp. *subterranea*. En: Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 477. Comm. Mycol. Institute.

Frank J.A. 1981. Rhizoctonia Canker (Black Scurf). En: W.J. Hooker. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society. St. Paul, MN, EE.UU.

French, E.R., G. Forbes y J. Landeo. 1994. Ola migratoria de variantes más agresivas de *Phytophthora infestans* amenazan la papa. *Fitopatología* 29: 15-18.

Lawrence, C.H. y A.R. McKenzie. 1981. Powdery scab. En: W.J. Hooker. Compendium of potato diseases. American Phytopathological Society St. Paul, MN, EE.UU.

Nachmias, A. y J. Krikun. 1980. Etiology and Control of powdery scab of potato in semiarid region of Israel. *Phytoparasitica* 16:33-38.

Rich A.E. 1981. Verticillium Wilt. En: W. J. Hooker. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society, St. Paul, MN, EE.UU.

Thurston, D.H. y O. Schultz. 1981. Late Blight. En: W.J. Hooker. Compendium of Potato Diseases. American Phytopathological Society St. Paul, MN, EE.UU.

Torres, H. y H. Gutiérrez. 1981. *Verticillium dahliae* Kleb., Identificación y síntomas que produce en seis variedades comerciales de papas peruanas. *Fitopatología* 16:60-68.

Torres H. 1989. Soil-borne and foliar diseases in the highland tropicos. En: Fungal Diseases of the Potato. Report of the Planning conference on Fungal Diseases of the Potato, held at CIP, Lima, Perú, September 21-25, 1987. p. 169-180.

Fascículo 3.4

Enfermedades Bacterianas en la Producción de Tubérculos-Semillas

E French L Gutarra y P Aley

Introducción

Las tres enfermedades bacterianas importantes en la producción de papa, especialmente para la producción de tubérculo-semilla, son

- la marchitez bacteriana causada por *Pseudomonas solanacearum* la raza 3 (Biovar 2) es la más común en papa y casi siempre está asociada con infección latente.
- la pudrición blanda y pierna negra causadas por *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica* (Eca), *F. carotovora* subsp. *carotovora* (Ecc) y *5. chrysanthemi* (Ech).
- la sarna común, causada por *Streptomyces scabies*.

Marchitez Bacteriana (*Pseudomonas solanacearum*)

Sintomatología

Se puede presentar marchitez temprana del follaje, especialmente cuando a transmisión es por' tubérculos con infección latente y cuando las temperaturas son mayores al inicio, como en el caso de las siembras de otoño. La incidencia de la marchitez se después del primer aporque/deshierbe. Presumiblemente por la poda de órganos subterráneos. La marchitez generalmente comienza en forma unilateral, afecta solo los folíolos de un lado de una hoja, las hojas de un solo lado de un tallo, o solo algunos de los tallos.

En ambientes más calurosos, que favorecen a la bacteria, las plantas jóvenes colapsan, mientras que la marchitez más lenta en clima frío causa achaparramiento. Un ligero amarillamiento tiende a acompañar a la marchitez. Se pueden observar estrías oscuras que corresponden a los haces vasculares infectados en los tallos y a veces en los tubérculos. La decoloración vascular marrón varía en intensidad según la variante de la bacteria y la variedad de papa. Cuando la marchitez es intensa las hojas pueden secarse y tornarse marrones.

Las señas del patógeno se aprecian como un exudado amarillento -grisáceo que emana de los haces vasculares de los brotes en dormancia, el cual se acumulan en los ojos y facilitan la adherencia del suelo. También se aprecia al exudado, en forma de gotas mucosas en los extremos de los haces vasculares circulares, cuando se cortan tallos o tubérculos infectados.

Epidemiología y su aplicación a la producción de semilla

Hacemos énfasis en la raza 3 que generalmente solo afecta a papa. La raza 1 se presenta en zonas más caídas, tiene más hospedantes y sobrevive mejor en suelos y malezas.

La raza 3, a través de una larga asociación con la papa que crece en climas fríos, se ha adaptado algo más al frío que otras razas de clima cálido, pero sigue siendo una bacteria de temperatura óptima alta (27-28 C) por lo que en clima frío crece lentamente y convive con la papa como infección latente.

Es contraproducente sembrar semilla sana en un suelo infestado, en lugares con temperaturas promedio de suelo (a 15 cm de profundidad) de 14 C o más, donde las temperaturas ambientales no son altas (alrededor de 18 C en promedio como máximo) la infección está presente pero se ve poco a nada de marchitez en el follaje, tampoco hay síntomas en los tubérculos. Si hay infección, ésta es latente. Si los tubérculos cosechados son sembrados bajo condiciones más cálidas, entonces la enfermedad se presenta con severidad. Más contraproducente aún es seleccionar tubérculos aparentemente sanos de un cultivo que tuvo síntomas en el follaje, en los tubérculos o en ambos: la incidencia de marchitez puede ser alta bajo clima caluroso, moderada en clima fresco y baja en clima frío. Si a producción se usa como semilla en la siguiente estación, se tendría una infección latente moderada a muy alta, según la temperatura.

Otro factor importante en la incidencia de la enfermedad es la supervivencia del patógeno en el suelo. Algunos suelos son favorables y otros son supresores para la bacteria. La presencia de plantas huachas o voluntarias

portaderas contribuye también a la supervivencia. Hay varios factores más que pueden influir en la incidencia de la marchitez bacteriana, pero son de menor importancia. Se trata bajo 'Control integrado'.

Control integrado

Combinan dos o más factores se puede controlar y hasta erradicar *P. solanacearum* raza 3. Sembrar semilla libre en suelos libres asegura su prevención. Numerosos factores contribuyen al control cuando las medidas más apropiadas no son aplicables (French, 1994)

Métodos de diagnóstico e identificación

Con base en la sintomatología descrita se sospecha que una marchitez es causada por *P. solanacearum*. Para completar el diagnóstico se debe observar la presencia del exudado mucoso de los haces vasculares. Este puede ser evidente en los ojos de tubérculos o en la superficie cortada de un tubérculo donde las gotas del exudado se forman sobre los haces vasculares cortados.

En las plantas jóvenes sin tubérculos se debe cortar un trozo de tallo de 1 a 3 cm de largo, cerca del nivel del suelo, y ponerlo en la parte superior de un vaso con agua (con un clip parcialmente desdoblado) y dejarlo en reposo unos minutos. Un resultado positivo es el flujo, desde los haces vasculares, de un exudado filamentosos mucho de que toma tiempo en dispersarse. Se puede hacer una identificación preliminar del patógeno para determinar si la bacteria es Gram negativa. Se transfiere el exudado de la superficie del tubérculo cortado a la de un portaobjetos, con la ayuda de un mondadientes, y se mezcla con partes iguales (unas diez gotas de cada uno) de KOH al 3%. Se revuelve unos 10 segundos y luego se levanta lentamente el mondadientes. Si se forma un filamento de varios centímetros antes de romperse, la bacteria es Gram negativa.

Los cultivos, las pruebas serológicas y otras para comprobar que se trata de *P. solanacearum* se indican en los fascículos 5 y 6 del Manual de Enfermedades Bacterianas, CIP 1996.

Pudrición Blanda y Pierna Negra (*Erwinia spp.*)

Sintomatología

Los síntomas son similares con las tres Erwinias y la predominancia de una de ellas depende de su adaptación a temperatura: baja para *Eca*, intermedia para *Ecc* y alta para *Ech*.

La pudrición blanda de los tubérculos se caracteriza por la maceración del tejido parenquimatoso que origina una pudrición blanca, cremosa o marrón. A veces la acompaña un olor fétido que se debe a la acción secundaria de otros microorganismos. El tubérculo-semilla puede podrirse antes de la emergencia y ocasionar fallas en el surco. Los tallos que provienen de tubérculos-semillas infectados desarrollan síntomas distintos según el clima. Bajo clima seco las hojas se vuelven cloróticas, el tallo se parte y se seca. Bajo condiciones de alta humedad puede haber

marchitamiento, achaparramiento y follaje clorótico con márgenes enrollados hacia arriba. En presencia de agua libre se desarrolla una pudrición negra y mucosa que se extiende sobre la superficie del suelo y puede avanzar rápidamente en dirección apical. Un corte transversal por encima de la lesión puede revelar los haces vasculares oscurecidos y taponados por una deposición gomosa que causa marchitez. En los tallos aéreos puede aparecer la pudrición negra (desconectada de la base) cuando la infección se inicia por daños mecánicos o por insectos y la transmisión se realiza por las gotas de lluvia o por los insectos. En este caso se le denomina pudrición aérea.

La incidencia en el campo se presenta comúnmente en forma de manchas que coinciden con las zonas más bajas y húmedas.

Epidemiología y su aplicación a la producción de semilla

Normalmente, todo tubérculo de papa tiene infección latente en sus lenticelas con una o más de las Erwinias. Cuando se siembran tubérculos con infección latente y las condiciones ambientales son buenas para el cultivo, no se presenta la enfermedad, pero cuando hay exceso de humedad por saturación del suelo y se mantiene una película de agua sobre los tubérculos, éstos están en una condición anaeróbica que favorece el desarrollo primero, de la pudrición blanda del tubérculo madre y luego de la pierna negra, si persisten las condiciones anaeróbicas.

En los climas tropicales la bacteria permanece en el campo de un cultivo al siguiente: se mantiene en la rizósfera en las malezas y en otros cultivos e infecta a las plantas huachas. Se disemina por el agua de riego, gotas de lluvia, aerosoles y desde el tubérculo madre hacia los tubérculos hijos para la rizósfera a rizoplano de la planta de papa.

Para eliminar la infección latente es necesario pasar por una generación de cultivo usando esquejes o material multiplicado in vitro.

Control integrado

Las Erwinias se encuentran protegidas en las lenticelas suberizadas o en el sistema vascular, por lo tanto es difícil atacarlas con productos químicos. Lotes pequeños de tubérculos mantenidos en ambiente húmedo que hace proliferar a las lenticelas pueden ser tratados con lejía (hipoclorito de sodio) al 1% o con antibióticos, con buenos resultados.

La producción de tubérculos libres se inicia con el cultivo in vitro [esquejes, mini tubérculos] seguido de una multiplicación en condiciones de asepsia en invernadero, traslado a campo. Es importante regar con agua libre de Erwinias, para la cual se puede usar filtración, tratamiento químico o rayos ultravioleta.

Siembre en campos bien drenados y no riegue en exceso.

Haga rotaciones con cultivos no susceptibles y realice deshierbes intensos, con especial cuidado de eliminar de raíz las plantas de papa huachas (voluntarias).

En el cultivo para semilla elimine de raíz las plantas con síntomas y coseche temprano después de destruir el follaje por medios químicos. Evite los golpes y cortes en los tubérculos durante la cosecha y el transporte. Rebaja todos los

tubérculos del campo, especialmente los dañados o podridos, los cuales deben ser enterrados o incinerados.

Almacenes de preferencia bajo el sistema de luz difusa a en almacenes bien ventilados y con temperatura estable.

El potencial de pudrición de late de tubérculos-semillas puede ser determinada incuban de éstos a 20-25 C en condiciones anaeróbicas (en una cámara de nebulización envueltos en papel toalla húmeda dentro de bolsas plásticas). El numero de tubérculos con pudrición y a intensidad de ésta indican el potencial latente.

Desinfecte los almacenes, cajas, sacos y equipos con amonio cuaternario u otro bactericida apropiado.

Los pasos que se deben tomar para que, a través de un control integrado se tenga éxito en mantener baja la incidencia de contaminación de los tubérculos-semilla son numerosos. Tubérculos sanos dan inicio a plantas sanas, pero éstas se pueden contaminar con las bacterias del agua, aerosoles o con las que son transportadas por los insectos a las hojas, etc.

Métodos de diagnóstico e identificación

El diagnóstico con base en los síntomas debe tener en cuenta las similitudes y diferencias con los síntomas de la marchitez bacteriana que se han mencionado anteriormente. En los tubérculos madre la pudrición es generalmente total y a veces difícil de detectar. En el tallo, bajo condiciones anaeróbicas, se presenta la inconfundible pierna negra; pero si a humedad os menor, se puede presentar un ennegrecimiento de los haces vasculares visible externamente en los tallos claros a en un corte longitudinal. El corte transversal no produce exudado, pero la prueba de flujo puede originar una rápida diseminación de las bacterias en el agua, sin quo se muestro la faso filamentosa.

El aislamiento de *Erwinia* es fácil, a partir del haz vascular de tallo, en el medio selectivo cristal violeta pectato (CVP). Es difícil aislarla de un tubérculo podrido porque hay microbios secundarios. Sin embargo, si la infección latente de un tubérculo aparentemente sano os inducida a activarse en condiciones anaeróbicas, la bacteria se aísla sin problemas de la lenticela con síntoma.

Detección de Erwinias

a) Medio selectivo

El medio cristal violeta pectato, Bulmer de Párombelen y Burnett (no publicado), es apropiado para el aislamiento de *Erwinia*.

Ingredientes

NaOH 1.0 M (8 g/1200 ml de agua)	4.5	ml
CaCl ₂ ·2H ₂ O 10%	6.8	ml
NaNO ₃	1.0	g
Agar (Oifco)	2.0	g

Polipectato de Na	9.0	g
Cristal violeta 0.075%	1.0	ml
Dihidrato de citrato trisódico	2.5	g
Triptena	0.5	g
Novobiocina (sal de sodio 80H) 1%	2.0	ml
Agua destilada	500	ml

Procedimiento

- Coloque 500 ml de agua destilada hirviendo en el vaso de una licuadora, previamente enjuagada con agua caliente.
- Mezcle NaOH, CaCl₂ · 2H₂O, NaNO₃, cristal violeta, tripteno, dihidrato de citrato trisódico y agar a baja velocidad.
- Adicione lentamente el polipectato de sodio (R. L. Kluft & Co. Ltd., Wisconsin, EE.UU.).
- Mezcle a alta velocidad.
- Esterilice a 121°C por 25 minutos.
- Adicione la novobiocina.
- No deje enfriar el medio antes de vaciarlo. Las colonias de las *Erwinias* de la pudrición blanda se reconocen fácilmente por sus características morfológicas y porque forman hoyos profundos en este medio, en 48 h a **270** C. Se debe tener cuidado de no confundir estos hoyos con los hoyos menos profundos y cóncavos que forman las colonias de *Pseudomonas fluorescens*. Los mejores resultados se obtienen si se deja secar el medio a temperatura ambiente antes de usar las placas. El medio selectivo de Stewart (1962) a el CPG de Cuppels y Kelman (1974) son útiles para purificar las colonias de *Erwinia* desarrolladas en CVP las cepas puras pueden ser mantenidas en inclinados de agar nutritivo, a temperatura ambiente.

b) Enriquecimiento

Pequeñas poblaciones de *Erwinia* presentes en el suelo, agua o tejido de plantas pueden incrementarse en un medio enriquecido que contenga pectato (McCarter-Zorner et al., 1984) para facilitar su detección.

Ingredientes

MgSO ₄ 7H ₂ O	0.32	g
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.08	g
K ₂ H ₂ O ₄	1.08	g
Polipectato de sodio	2.70	g
Agua destilada	1,000	ml

Procedimiento

- Disuelva cada sal en 1/3 del agua destilada.
- Añada la solución de K₂HPO₄ y mezcle bien.

- c) Adicione lentamente el polipectato de sodio y coloque la mezcla al vapor o al baño maría por una hora.
- d) Ajuste el pH a 7.2.
- e) Esterilice a 121 C durante 15 minutos.

Para detectar *Erwinia* sp. incube a muestra en el medio enriquecido con pectato en condiciones anaeróbicas a 2700 durante 48 horas y luego siembre una ansada de este medio en CVP

Identificación de las Erwinias de la pudrición blanda

- a) Identificación rutinaria: las Erwinias de la pudrición blanda pueden ser identificadas rutinariamente sin purificar por su habilidad para crecer en el medio CVP a 27 C y 33.5°C. las colonias individuales sospechosas desarrolladas en CVP son inoculadas puntiformemente sobre el medio en tres placas de CVR a una de las cuales se le añadió eritromicina, antes del plaqueado, a una concentración de 35 ppm. Una de las placas de CVR sin el antibiótico, se incuban a 2700, mientras que las otras se incuban a 33.500. las tres Erwinias de la pudrición blanda forman colonias características a 2700 pero solamente *Ecc* y *Echr* desarrollan en CVP a 33500 y de éstas, únicamente *Ecc* desarrolla en presencia de eritromicina.
- b) Pruebas estándar de identificación: Para constatar los resultados obtenidos de a prueba de temperatura se pueden realizar las pruebas de Dye (1969), Graham (1972) y Lelliot (1974), las cuales están resumidas en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Pruebas culturales y bioquímicas para distinguir las Erwinias de la pudrición blanda.

Pruebas de diagnóstico	<i>Ecc</i>	<i>Eca</i>	<i>Echr</i>
Acido de Lactosa	+	+	+ ó -
Maltosa	-	+	-
Alfa metil-glucósido	-	+	-
Palatinosa	-	+	-
Trehalosa	-	-	+
Gas de D-glucosa	-	-	+
Sustancias reductoras de sacarosa	-	+	-
Malonato	-	-	+
Tartrato	-	-	+
Indol	-	-	+
Desarrollo en NaCl 5%	+	+	+ ó -
Lecitinasa	-	-	+
Fosfatasa	-	-	+
Sensibilidad a la eritromicina	-	-	+
Pigmento azul	-	-	+ ó -
Temperatura de desarrollo (°C)			
Mínima	6	3	6
Óptima	28-30	27	34-37
Máxima	37-42	35	45

- c) Serología. las tres *Erwinias* de a pudrición blanda están relacionadas serológicamente, *Ecc* y *Eca* más estrechamente que *Echr*. Se han identificado numerosos fenotipos distintos par-a cada organismo (De Boer et al., 1979; Yaknus y Schaad, 1979).

Diferencias entre los síntomas de *Pseudomonas* y *Erwinia*.

Baja ciertas condiciones, los síntomas de la marchitez bacteriana y de la pierna negra son muy similares, por lo cual es necesario basar el diagnóstico inicial en un despistaje (Cuadro 2).

Cuadro 2 Despistaje de los síntomas de infecciones tempranas en papa por *Pseudomonas solanacearum* (marchitez bacteriana)* y las *Erwinias* de la pudrición blanda y pierna negra.

	Pseudomonas	Erwinia
Tubérculo madre	No se desintegra, excepto por infecciones secundarias. Si el anillo vascular exuda gotas mucosas, se dio inicio a la M.B.	La pudrición da inicio a marchitez y pierna negra. Pudrición blanda, oscura y a veces fétida.
Follaje	Marchitez comúnmente unilateral. Amarilla-miento leve o ausente. Necrosis tardía.	Marchitez generalizada, folíolos encurvados hacia arriba, amarillamiento y necrosis temprana.
Planta	Con M.B. lenta, achaparramiento; con M.B. rápida, muerte prematura.	Enanismo, pudrición húmeda negra del tallo, muerte rápida (si persiste la anaerobiosis).
Tallo, corte longitudinal	Haces vasculares pardos.	Ennegrecimiento general bajo anaerobiosis. Sólo haces vasculares oscuros a negros con infección detenida.
Tallos, corte transversal	Haces vasculares pardos, exudado mucoso (en agua, exudado ahilado).	Todo o sólo haces vasculares oscuros a negro (en agua, difusión nubosa).
Tubérculo	Haces vasculares pardos, exudación amarillento-grisácea de los ojos o del extremo de estolón. Al corte, exudación de haces vasculares; al juntar y separar lentamente se producen filamentos momentáneos.	Pudrición oscura y blanda, avanza desde el estolón hasta abarcar todo el tubérculo, cuando hay exceso de agua (anaerobiosis).

* marchitez bacteriana = M. B.

Sarna Común (*Streptomyces scabies*)

Sintomatología

La sarna afecta principalmente a los tubérculos, aunque también a los tallos y estolones. En los tubérculos las lesiones varían entre: circulares de 5 a 10 mm de diámetro, irregulares que pueden ser lesiones compuestas por la

unión de varias, protuberantes hasta de 2 mm sobre la superficie, a hundidas unas 7 mm. El color es canela clara a castaña, excepto que las lesiones hundidas son castaño oscuras.

Las lesiones en los tallos subterráneos y estolones son de color canela a castaño, en forma de lente alargado, cuando se originan en las lenticelas, y casi circulares, cuando se inician en heridas naturales durante a emergencia de las raíces o en os tallos cuarteadas.

Epidemiología y su aplicación en la producción de semilla

El patógeno *Streptomyces scabies* existe en casi todos los suelos de las zonas productoras de papa del mundo donde puede haber sido nativa o introducida con la semilla. Sin embargo, en el Perú tiene poca importancia por razones que se desconocen.

Esta bacteria filamentosa se mantiene bien en su fase saprofita sobre material vegetal en descomposición o en raíces de diversas plantas, incluyendo las raíces carnosas de otros cultivos (betarraga, remolacha azucarera, rabanito, nabo, rutabaga, zanahoria y perejil) en los cuales no causa pérdidas económicas.

Una adecuada humedad del suelo es desfavorable para el crecimiento de *S. scabies*, por lo que se le controla con riego apropiado en la época de crecimiento de los tubérculos.

Control integrado

- . Evite el uso de semilla con sarna, especialmente si va a sembrar papa por primera vez.
- . Practique rotaciones largas que reducen el potencial de inóculo.
- . Use las variedades más tolerantes.
- . Mantenga un nivel alto de humedad en el suelo (capacidad de campo) durante la formación y crecimiento de los tubérculos.
- . Evite la aplicación excesiva de cal porque aumenta el pH del suelo y favorece al patógeno. Use fertilizantes sulfurados. El pentaclorobenceno reduce el potencial de inóculo cuando se mezcla con el suelo, pero el efecto no se prolonga mucho en los años subsiguientes.
- . No incorpore materia orgánica que sirva para el desarrollo de la fase saprofita de *S. scabies*.

Métodos de diagnóstico e identificación

Aunque *S. scabies* crece en forma filamentosa, no es un hongo sino una bacteria de características acarióticas. Su ancho es mucho menor que el de los hongos, alrededor de 1 micra. Por lo tanto, es difícil de observar al microscopio

de luz y también es difícil de aislar: es recomendable solicitar que la haga una persona experimentada. Se aísla mejor a partir del tejido de color pajizo-translucido que se encuentra debajo de las lesiones. Se siembra en agar-papa-sacarosa (con solo hasta 0.50% de sacarosa) y se incuba entre 25 y 30 C (véase el Compendio de Enfermedades de la Papa, 1980).

Los síntomas son variables según a variante de la bacteria, la susceptibilidad de los tubérculos y las condiciones ambientales. Por lo tanto no siempre es fácil diagnosticar *S. Scabies* por algunos síntomas sospechosos.

6. Desinfestación del Suelo

Para desinfectar el suelo se debe tener en cuenta lo siguiente:

Si tiene ingredientes que no contienen patógenos, úselos sin desinfectar. Ejemplo, musgo, arena de río y suelo profundo.

No se debe esterilizar con vapor porque esto elimina las bacterias saprofitas benéficas y a veces libera algunos minerales a niveles fitotóxicos. Si se usa vapor, debe ser con un sistema mezclado con aire para que pasteurice el suelo a unos 70 C.

Generalmente los fumigantes químicos son efectivos, según cuáles sean los patógenos y nematodos que se quiere eliminar. No tienen los efectos secundarios del vapor, pero algunos son altamente tóxicos para el hombre y los animales. (Fascículo 4, Manual de Enfermedades Bacterianas, CIP 1996.3

Bibliografía

CIP 1995. Taller internacional: Control de marchitez bacteriana de la papa para Centroamérica y El Caribe, 17-26 de mayo, 1995. Lima, Perú.

Cuppels, D. y A. Kelman.1974. Evaluation of selective media for isolation of soft rot bacteria from soil and plant tissue. *Phytopathology* 64:468-75.

De Boer, S.H., R.J. Copeman y H. Vrugink. 1979. Serogroups of *Erwinia carotovora* potato strains determined with diffusible somatic antigens. *Phytopathology* 69:316-319.

Dye, D.W. 1969. A taxonomic study of the genus *Erwinia* II. The carotovora group. *New Zealand J. of Science* 12:81-97.

Graham, D.C. 1972. Identification of soft rot coliform bacteria. Proc. 3rd. Int. Conf. Plant Pathog. Bacteria, Wageningen, 1971. p. 273-279.

French, E.R. 1994. Control integrado de la marchitez bacteriana de la papa. CIP Circular 20 (2): 8-11.

French, E.R. y T.T. Hebert. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. IICA, San José-Costa Rica. 289 p.

Lelliot, R. A. 1974. Genus XII *Erwinia*. En: Bergeys Manual of Determinative Bacteriology. R. E. Buchanan y N. E. Gibbons (eds.). p. 332-339

McCarter'-Zorner, N. J. G. D. Franc, M. O. Harrison, J. E. Michaud, C. E.; Quinn, I. A. Sells y O. C. Graham. 1984. Soft rot *Erwinia* bacteria in surface and underground waters in Southern Scotland and in Colorado, U.S.A. J. Of Appl. Bacteriol. 57:97-105.

Stewart, O. J. 1962. A selective-diagnostic medium for the isolation of pectinolytic organisms in the Enterobacteriaceae. Nature 195:1023.

Yakrus, M. y N. W. Schaad. 1979. Serological relationships among strains of *Erwinia chrysanthemi*. Phytopathology 69:517-522.

Fascículo 3.6

Principales plagas de la papa: Gorgojo de los Andes, *Epitrix* y Gusanos de Tierra

Jesús Alcázar

Introducción

Se han identificado más de un centenar de insectos que dañan a la papa, sin embargo solo algunos resultan ser plagas importantes por los severos daños que ocasionan directamente a los tubérculos, como es el caso del gorgojo de los Andes, la polilla de la papa y los gusanos de tierra; o ,indirectamente, aquéllos que dañan el follaje y reducen el rendimiento como la mosca minadora.

Las limitaciones para la adquisición de buena semilla por los agricultores de escasos recursos económicos, hace que ellos usen tubérculos dañados por plagas. Recientes investigaciones han confirmado que el uso de semilla dañada por el gorgojo de los Andes reduce la emergencia de las plantas en el campo y el rendimiento a la cosecha hasta en 30 %.

En este documento nos ocuparemos del gorgojo de los Andes, la pulguilla saltona o escarabajos saltadores y los gusanos de tierra. Describiremos las principales especies, su biología y su control. Estas plagas que atacan directamente a los tubérculos y afectan la calidad y el vigor de la semilla.

1. Gorgojo de los Andes o Gusano Blanco

a) Especies de gorgojo

El término gorgojo de los Andes agrupa a un complejo de géneros y especies de la familia Curculionidae, siendo el género PREMNOTRYPES el más importante. Existen 12 especies descritas de los cuales: *Premnotrypes vorax* Hustache, *Premnotrypes suturicallus* Kuschel y *Premnotrypes latithorax* Pierce, destacan por su predominancia y amplia distribución en el área andina. Las principales características del género son: presentan ojos grandes con más de 80 facetas, mandíbulas con cicatriz de la pieza caduca y el cuerpo cubierto de tubérculos y escamas.

El gorgojo de los Andes se halla distribuido en toda el área que comprende la región andina, entre los 2,500 y 4,700 m.s.n.m. Su distribución abarca los países de Argentina, Chile, Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela.

Esta plaga ocasiona graves daños a los tubérculos en el campo que pueden llegar en algunos casos al 100 % de la cosecha. Las larvas barrenan el tubérculo haciendo característicos túneles en los que depositan sus excrementos; cuando las larvas abandonan el tubérculo hacen agujeros circulares por donde salen. Los adultos tienen hábitos nocturnos y se alimentan de las hojas, en cuyos bordes producen daños en forma de media luna.

b) Biología y comportamiento

El estado adulto es un gorgojo de color marrón oscuro de 8.5 mm de largo x 3.80 mm de ancho. Los huevos son de forma capsular y miden 1.2 mm de largo por 0.54 mm de ancho. Las larvas son de color blanco cremoso, carecen de patas y llegan a medir hasta 10 mm de largo. Las pupas son del tipo libre, de color blanco y miden 8.2 mm de largo x 4.9 mm de ancho.

Esta plaga tiene una sola generación al año y presenta 4 estados: huevo, larva, pupa y adulto; en el estado adulto se distinguen dos fases, una invernante, en el suelo, y otra migrante, activa en la planta. El ciclo de vida desde huevo hasta adulto en las especies estudiadas tiene una duración promedio de 234 a 301 días y la longevidad del adulto tiene una duración promedio de 156 a 255 días.

La hembra de *Premnotrypes suturicallus* oviposita 630 huevos en promedio en el suelo los cuales coloca dentro de pajitas cerca al cuello de la plantade papa. Al cabo de 32 días de incubación emergen las larvitas y se introducen al suelo en busca de tubérculos y allí permanecen por 45 días, en donde pasan por los 4 estadios larvales. Luego la larva abandona el tubérculo y se introduce en la tierra para empupar dentro de una cámara de tierra donde permanece 42 días como pre-pupa; después se transforma en pupa y en este estadio dura 54 días. Luego, la pupa cambia de color y se transforma en adulto invernante el cual permanece dentro de la cámara por 115 días. La emergencia del adulto se produce después de la caída de las primeras lluvias y luego se dirigen a los campos de papa.

c) Ocurrencia estacional

Se observa una extraordinaria sincronización biológica entre el insecto, la planta y el medio ambiente. Se puede distinguir claramente una fase migrante activa, que coincide con la campaña agrícola, y una fase

invernante que coincide con la época seca y fría. Para la especie *Premnotrypes latithorax* la emergencia de los adultos ocurre a partir de octubre y permanece en los campos de papa hasta abril; las larvas de febrero hasta agosto; las pupas desde junio hasta setiembre; y el estado de adulto invernante de agosto a diciembre.

d) Distribución espacial de la población

Desde la cosecha hasta el almacenamiento el agricultor realiza una serie de labores que le permiten amontonar los tubérculos en diferentes lugares y áreas pequeñas del suelo. Durante este tiempo las larvas abandonan los tubérculos para introducirse en el suelo y completar su ciclo. De allí, los adultos migran a los nuevos campos de papa en la siguiente campaña (Figura 1).

Se ha encontrado que los campos recién cosechados, las áreas de amontonamiento a la cosecha, los campos de papa abandonados, las áreas de prealmacenamiento y las áreas de almacenamiento definitivo constituyen las fuentes de infestación de la población invernante del gorgojo de los Andes. La migración de los gorgojos adultos puede ocurrir de un campo a otro, del almacén al campo y a partir de las plantas voluntarias (Figura 1).

e) Control del gorgojo de los Andes

La estrategia de control está orientada a reducir la población de gorgojos invernantes en campo y almacén, a interceptar las migraciones de las fuentes de infestación hacia el campo de cultivo y, finalmente, a controlar la población dentro del cultivo (Figura 1).

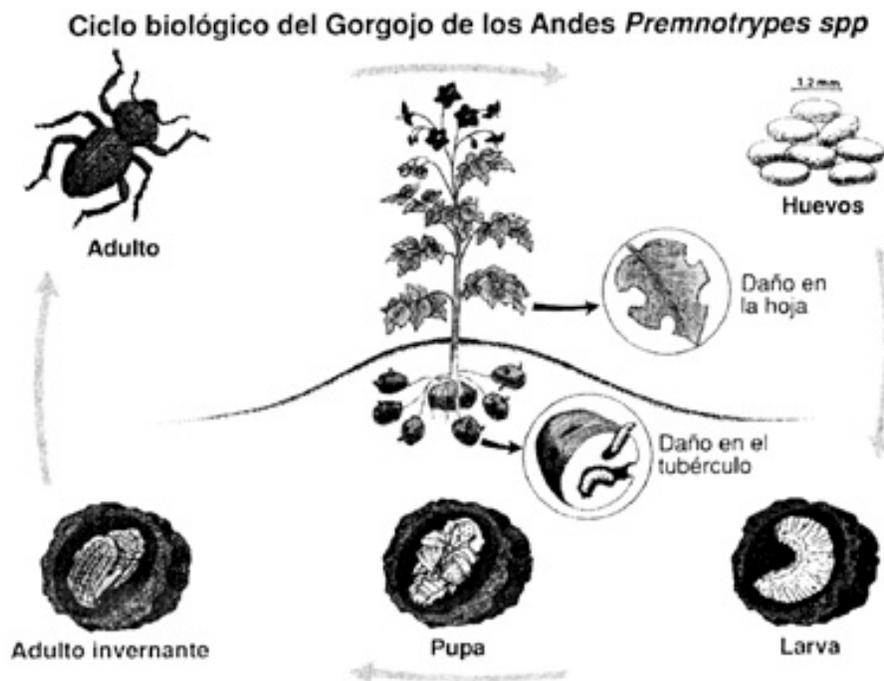
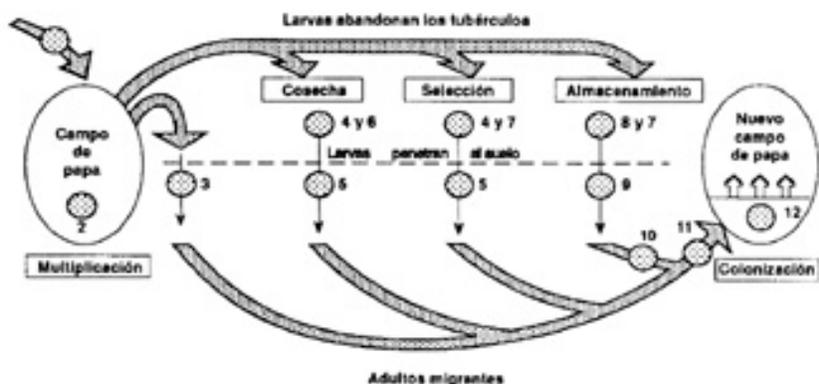


Figura 1 Ciclo Biológico del Gorgojo de los Andes *Premnotrypes spp*

Gorgojo de los Andes: Dinámica poblacional y su manejo



- | | |
|--|---|
| 1. Eliminación de plantas voluntarias | 7. Empleo de pollos como predadores |
| 2. Recojo manual de adultos | 8. Almacenamiento de luz difusa (para semilla) |
| 3. Aradura invernal en campo cosechado | 9. Suelo tratado con el hongo en almacén |
| 4. Uso de mantas a la cosecha | 10. Remoción del suelo en época invernal o zanja alrededor del almacén |
| 5. Remoción del suelo en áreas de amontonamiento | 11. Zanjas alrededor del nuevo campo o baarrera vegetal o barrera química |
| 6. Cosecha oportuna | 12. Plantas cebo y/o trampas para adultos con insecticidas |

Figura 2 Gorgojo de los Andes: Dinámica poblacional y su manejo

El programa integra diferentes componentes de control con énfasis en las medidas culturales, el uso de agentes entomopatógenos, medios mecánicos y físicos. El uso de químicos es complementario y reducida. A continuación se presentan las 15 alternativas de control:

1. Para reducir la población de gorgojos invernantes

1.1. En el almacén

- Uso del hongo *Beauveria brongniartii* en las áreas de almacenamiento definitivo.

- Empleo de pollos como predadores de larvas en áreas de prealmacenamiento.

- Roturación del suelo para destruir focos y empleo de pollos.

- Almacenes rústicos de luz difusa.

1.2. En el campo

- Roturación del suelo en áreas de amontonamiento a la cosecha.

- Roturación del suelo en campos recién cosechados.

- Roturación del suelo en campos con cultivos de papa abandonados

2. Para interceptar las migraciones hacia el cultivo

- Uso de zanjas perimetrales alrededor de los almacenes.
- Uso de zanjas perimetrales alrededor del campo.
- Empleo de barreras vegetales

3. Control del gorgojo dentro del cultivo

- Recojo manual de adultos
- Eliminación de plantas espontáneas
- Uso selectivo de insecticidas y aplicaciones dirigidas
- Uso de mantas a la cosecha
- Cosecha oportuna

Es importante aclarar que estas medidas no constituyen un paquete tecnológico ni que los agricultores deban realizar todas las prácticas recomendadas. El agricultor sólo debe escoger aquellas medidas que se adapten a sus condiciones locales y le resulten prácticas.

2. Pulgillas o Escarabajos Saltadores

a) Especies de pulgillas

Se conocen por lo menos seis especies diferentes, todas pertenecientes al género *Epitrix*: *E. parvula* (Fab.), *E. subcrinita* (Le Conte), *E. ubaquensis* Haarold, *E. harilana rubia* Bech & Bech y *E. yanazara* Bech. Estas especies pertenecen a la familia Chrysomelidae, orden Coleoptera. Sus principales hospederos, además de papa son tabaco, tomate y algunas especies de hortalizas.

b) Biología y comportamiento

El adulto de la pulgilla es un pequeño escarabajo de 1 a 2 mm de largo de color café a marrón oscuro, con brillo metálico y patas posteriores muy desarrolladas. Sus huevos son microscópicos, ovalados y blanquecinos. La larva tiene de 2 a 3 mm de largo de color blanco cremoso, con seis patas torácicas poco visibles y piezas bucales oscuras; las pupas son libres y de color blanco, de 6 a 8 mm de largo.

En cuanto a la biología se sabe que la hembra oviposita en el suelo, cerca al pie de la planta, luego salen las larvitas y se alimentan de las raíces. Después de un mes se transforman en pupas en el interior de una cavidad pupal en el suelo y después de una semana salen los adultos; el ciclo total es de un mes y medio. En *E. yanazara*, la incubación de los huevos dura 11 días, las pupas 16 días y los adultos de 45 a 199 días.

Estos insectos pueden presentarse durante todo el período vegetativo del cultivo, principalmente en ciertos lugares de la sierra, aunque son más abundantes en la primera etapa, especialmente en épocas de calor, bajo clima seco y en ausencia de lluvias.

Los daños son causados por los adultos y las larvas. Los adultos comen las hojas, haciendo agujeros pequeños y redondos de menos de 3 mm diámetro. La larva ataca a las raíces, estolones y tubérculos; cuando el daño es en los tubérculos se observan pequeños orificios, que además de darle mal aspecto al tubérculo, permiten la entrada a patógenos que producen enfermedades fungosas o bacterianas. En

ataques muy severos producen canales sinuosos subperidérmicos sobre toda la superficie del tubérculo, que desmejoran significativamente su aspecto comercial.

c) Control

Como medidas de control cultural se recomiendan: Aporques tempranos y altos; deshierbos oportunos y frecuentes; rotación de cultivos con aquéllos que no son hospederos alternantes, como cebada, avena, habas y otros; en terrenos de riego, efectuar riegos pesados para provocar la muerte de los estados larvales y pupales.

En relación al control químico, está orientado al control de los adultos, especialmente en las primeras etapas de desarrollo del cultivo; en lo posible utilizar productos de baja toxicidad que no causen alteraciones en el agroecosistema de la papa.

3. Gusanos de tierra, gusanos cortadores y gusanos ejército

a) Especies de gusanos de tierra

Bajo este término se conocen varias especies y géneros de la familia Noctuidae a los que podemos separar en: «gusanos cortadores»: *Feltia experta* Walker, *Copitarsia turbata* H.S. y *Peridroma interrupta* (Maassen); y «gusanos ejército»: *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) y *S. eridania* (Cramer).

Los «gusanos de tierra» dañan las plantas tiernas de papa y otros cultivos. Son polívoros, presentan un amplio rango de plantas hospedantes ya atacan plantas silvestres como cultivadas. Entre éstas se pueden citar, hortalizas, leguminosas, tuberosas, plantas ornamentales y otras.

b) Biología y comportamiento

Los adultos son mariposas nocturnas; las alas anteriores con manchas de color grisáceo o líneas, oscuras o claras, de forma y posición más o menos definida, según la especie. Expansión alar de 3 a 5 cm. Las alas posteriores son más claras. Los huevos son esféricos, ligeramente achatados en uno de sus extremos, tienen una superficie de estructura radial, de color blanco verdoso, de 0.5 a 0.8 mm de diámetro, ovipositados en masas o individualmente. Las larvas de 3 a 5 cm de largo en su mayor longitud, son orugas de cuerpo robusto alargado y cilíndrico, de color grisáceo. Las pupas son ovoides, marrón oscuro y de 2 a 3 cm de largo. El ciclo en promedio para todas las especies es: huevo de 2 a 10 días, larva de 5 a 6 estadios en 15 a 30 días, pupa de 14 a 20 días, en total el ciclo dura de 30 a 60 días.

Los adultos son nocturnos, ovipositan en las hojas o en la zona cercana al cuello de la planta, de acuerdo a los hábitos de la especie. Las larvas se ocultan en la tierra alrededor de las plantas durante el día, pero al atardecer se activan y cortan el cuello de las plantas tiernas, empupan en el suelo de donde emerge el adulto.

Los daños ocurren en la primera edad del cultivo, las larvas cortan las plantitas a la altura del cuello o raspan los tallos de plantas adultas barrenándolos hasta la médula. Además perforan los tubérculos haciendo agujeros grandes, irregulares y profundos. Por otro lado, la alimentación de los «gusanos ejército» sobre el follaje es muy voraz, esqueletizan a la planta.

c) Control

Como medidas de control cultural se recomiendan: preparación oportuna y adecuada de los terrenos, al presentarse las primeras plantas caídas se recomienda riegos pesados, cuando sea posible; aporques altos que cubran el cuello de la planta y la zona de tuberización; deshierbos frecuentes y oportunos; cosecha oportuna. Como medida de control mecánico cuando las circunstancias lo permitan, se recomienda el recojo manual y la destrucción de las larvas que se encuentran al pie de las plantas caídas o dañadas.

Como medida de control etológico se recomienda el uso de trampas de luz para atraer adultos y reducir la población.

Como medidas de control químico se recomienda el uso de cebos envenenados a la dosis de 50 a 70 kg/ha, o aspersiones dirigidas al cuello de la planta o al follaje para eliminar larvas.

Bibliografía consultada

Alata, J. 1973. Lista de insectos y otros animales dañinos a la agricultura en el Perú. Ministerio de Agricultura. Est. Exp. Agric. La Molina. Manual No.38. 176 p.

Alcázar, J. 1976. Biología y comportamiento del gorgojo de los Andes *Premnotrypes suturicallus* Kuschel (Coleoptera:Curculionidae). Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional del Centro del Perú. 80 p.

Alcázar, J.; Catalán, W.; Raman, K.V.; Cisneros, F.; Torres, H.; Ortiz, O. 1994. Control integrado del gorgojo de los Andes. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 18 p. Boletín de Capacitación CIP # 5.

Calvache, H. 1986. Aspectos biológicos del gusano blanco de la papa, *Premnotrypes vorax* (Hustache). Memorias del curso de control integrado de plagas de papa. Ed. L. Valencia. Bogotá.

Delgado, M. 1972. Control de insectos de la papa. Ministerio de Agricultura, Est. Exp. Agric. La Molina. Bol. 47. 10 p.

Quispe, M. y P. Alcalá. 1979. Nota preliminar sobre el ciclo biológico de la pulga de la papa *Epitrix yanazara* Beck. (Coleoptera:Chrysomelidae). Resúmenes del XXII Convención Nacional de Entomología. 4-9 noviembre. p. 68.

Tisoc, I. 1989. Ciclo biológico de *Premnotrypes latithorax*, bajo condiciones de laboratorio, en el Cusco. Rev. Per. Ent. 32:89-92.

Wille, J. 1952. Entomología Agrícola del Perú. 2da. Ed. Dirección General de Agricultura. Lima, Perú. 544 p.

Yabar, E. 1988. Integración de prácticas culturales para el control del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* sp.). Revista Latinoamericana de la Papa. Vol. 1, No.1, 120- 131.

Fascículo 3.7

Principales Plagas de la Papa : La Polilla de la Papa y La Mosca Minadora

Maria Palacios

Polillas o Palomillas de Papa

Introducción

Entre las principales plagas que afectan la producción de tubérculos-semillas se encuentra a polilla o palomilla de la papa, la cual afecta directamente los tubérculos de papa en el campo y en el almacén. Las larvas de esta plaga ingresan al tubérculo papa alimentarse y durante su desarrollo hacen túneles donde depositan el excremento. En este proceso los tubérculos se vuelven inservibles para el consumo y para semilla; el daño puede afectar hasta el 100% de los tubérculos en el campo y el almacén.

Especies

El término polilla agrupa a tres especies de Lepidoptera de la familia *Gelechiidae*:

- *Phthorimaea operculella* (Zeller)
- *Tecia solanivora* (Povolny)
- *Symmetrischema tangolias* (Gyen)

Distribución

P operculella es la especie de más amplia distribución a nivel mundial; se le encuentra en todas las zonas de América, Europa, África, Asia y Australia donde se siembra papa. Es una especie típica de zonas cálidas, pero también se le encuentra en zonas altas, como en el área andina. En el Perú se le encuentra desde 0 a 4,000 msnm.

T solanivora es originaria de Guatemala; se le encuentra en Centroamérica, Venezuela, Colombia y Ecuador desde los 2,000 a 3,400 msnm.

S. tangolias es una especie típica del área andina y se le encuentra en Perú, Bolivia y Colombia, desde los 2,000 a 3500 msnm.

Daños

P operculella daña la parte aérea de la planta (brotes, hojas y tallos) y los tubérculos en el campo y en almacén.

T solanivora daña los tubérculos en el campo y el almacén.

S. tangolias daña la parte aérea de la planta (tallos) y los tubérculos en el campo y el almacén.

Biología

Como todos los lepidópteros, las polillas a palomillas pasan por cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Figure 1).

Symmetrischema tangolias (Gyen)



Phthorimaea operculella (Zeller)



Tecia solanivora (Povolny)

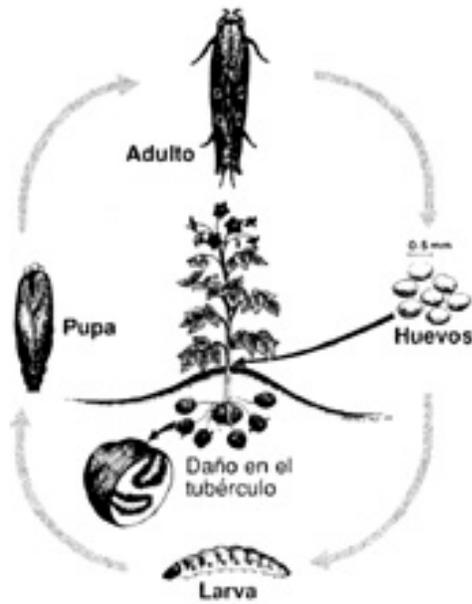


Figura 1 Ciclo biológico de las polillas de papa.

Los adultos son mariposas pequeñas. Según la especie miden 0.8, 1.0 y 1.3 cm de longitud, son de color grisáceo a marrón. El primer par de alas presenta manchas características que permiten diferenciar las especies (Cuadro 1). Los huevos tienden a ser ovalados, pueden medir 0.5-0.7 mm de largo y 0.3-0.5 mm de ancho.

Las larvas son de tipo eruciforme con trece segmentos en el cuerpo, tres pares de patas y cinco pares de pseudopatas; en el último estadio larval miden de 1 a 1.6 cm de largo y son de color blanco cremoso con tonalidades rosadas y verdosas. Según la especie presentan o no características especiales en el cuerpo (Cuadro 1). Las pupas son de tipo obtecta o momificada y miden de 6 a 10 mm de longitud. En el Cuadro 2 se presenta la duración de los diferentes estadios de desarrollo.

Cuadro 1 Ciclo biológico de las polillas (días).

Estado	<i>P. operculella</i>	<i>S. tangolias</i>	<i>T. solanivora</i>
Huevo	5 - 15	10 - 13	7 - 15
Larva	11 - 30	28 - 40	23 - 34
Pupa	6 - 30	18 - 24	14 - 26
Duración*	22 - 75	56 - 77	44 - 75
Longevidad	10 - 30	11 - 38	10 - 21

* Rango influenciado por la temperatura.

Cuadro 2 Principales características diferenciales entre las polillas de la papa.

Estado	<i>P. operculella</i>	<i>S. tangolias</i>	<i>T. solanivora</i>
Adulto			
Longitud (cm)	0.8-1	1-1.3	1.3-1.5
Aspecto	fino	corpulento	corpulento
Color	pajizo	marrón grisáceo	marrón
Alas anteriores	pequeñas manchas	una mancha triangular circular	2-3 manchas
Larva			
Longitud (cm)	1.0	1.3	1.6
Color	blanco cremoso	crema amarillento	rosado oscuro
Manchas	—	3-5 líneas rojas a lo largo del cuerpo en todo el cuerpo	pequeñas manchas oscuras
Pupa			
Longitud (cm)	0.6-0.8	0.7-0.8	0.7-0.8

El ciclo de vida desde huevo hasta adulto en *P. operculella* puede ser de 22 a 75 días; en *S. tangolias* de 56-77 días; y en *T. solanivora* de 44-75 días. Estos rangos promedio dependen de las condiciones

climáticas. En general, *P. operculella* puede tener 1 4 a 1 5 generaciones por año. *S. tangolias* y *T. solanivora* pueden tener de 4-6 generaciones por año. La longevidad de los adultos varía de 10 a 38 días.

Las polillas son de hábito nocturno; la hembra de la polilla produce una sustancia química (feromona sexual] para atraer al macho y ser fertilizada. La hembra puede ovipositar de 100 a 350 huevos. En el campo, la hembra coloca los huevos en el suelo o sobre la planta; en el almacén los coloca directamente sobre los tubérculos o cerca de ellos. Después de 5 a 15 días de incubación emergen las larvas y se introducen en la parte aérea de la planta o en los tubérculos, donde permanecen alimentándose por 11 a 40 días y donde pasan por 4 a 5 estadios larvales.

Cuando la larva ha completado su desarrollo, abandona el tubérculo y se mueve a la parte aérea de la planta. Una vez en el suelo, la larva construye su capullo con el hilo de seda que ella misma produce y con las partículas de tierra y arena que se adhieren al capullo. Dentro del capullo se convierte en pupa y permanece en este estado de 6 a 26 días, al cabo de los cuales emergen los adultos.

Fluctuación poblacional

En las zonas donde se siembra papa una vez al año, la población de polilla se hace evidente durante la primera etapa del cultivo, alcanza sus picos más altos cuando el cultivo está en tuberización y posteriormente desciende en ausencia del cultivo. En almacén, la población más alta se presenta a finales del periodo de almacenamiento y las poblaciones más bajas durante el resto del año.

En aquellas zonas donde se siembra papa toda el año, las poblaciones de polillas presentan varios picos poblacionales, los cuales están generalmente relacionados con el periodo de madurez del cultivo y las épocas de almacenamiento.

Control

Como mencionamos anteriormente, la polilla vive en los campos de papa y en los almacenes donde se guarda la papa. Las larvas de la polilla dañan los tubérculos en el campo y en el almacén. Estos tubérculos se vuelven amargos y no sirven ni para consumo ni para semilla. Por esta razón la estrategia de control está orientada a mantener la plaga en poblaciones bajas, prevenir el daño y evitar la migración de la plaga del campo al almacén y del almacén al campo.

El programa integra medidas de control cultural, etológico, biológico y químico. En el campo se aplican once medidas y en el almacén siete, a que hasta un total de 18 (Figure 2).

1. Buena preparación del terreno
2. Siembra oportuna
3. Semilla bien tapada
4. Aporque alto
5. Trampas con feromas
6. Riego frecuente (evita grietas en el suelo)
7. Uso de plaguicidas selectivos
8. Cosecha oportuna
9. Selección de tubérculos
10. Cobertura del producto cosechado
11. Eliminación de rastrojos
12. Limpieza y desinfección del almacén
13. Almacenamiento inmediato
14. Baculovirus
15. Trampas de feromas
16. Plantas repelentes
17. Revisión periódica de la semilla
18. Almacén de luz difusa.

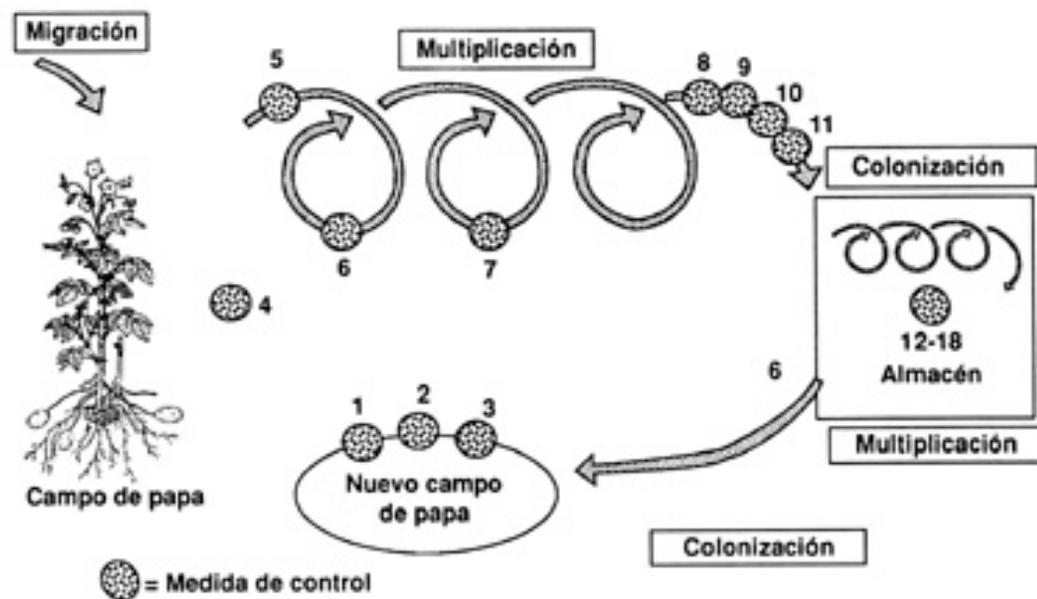


Figura 2 Dinámica poblacional y manejo de la polilla de papa.

A En el campo

Durante el desarrollo del cultivo:

Buena preparación del terreno

Siembra oportuna
Semilla bien tapada
Aporque alto
Trampas con feromona sexual

Riego oportuno

- Usa adecuado de plaguicidas

Durante la cosecha:

- Cosecha oportuna
- Cobertura de los tubérculos cosechados Selección de los tubérculos
- Eliminación de rastrojos

B. En almacén

Pre-almacenamiento
Limpieza del almacén
Almacenamiento inmediato

- Almacenamiento
- Baculovirus Plantas repelentes
- Trampas con feromona sexual Revisión periódica de los tubérculos almacenados

Almacén baja luz difusa

Recomendaciones para el almacenamiento de tubérculos-semilla

1. La desinfección del almacén es el componente clave para evitar daños de la polilla en los tubérculos almacenados. La desinfección por inmersión con un insecticida de penetración de los tubérculos recién cosechados con daños superficiales es el segundo componente importante para evitar el ingreso de la plaga al almacén
2. Usar almacenes con luz difusa es indispensable para el almacenamiento de la semilla. Este tipo de almacén proporciona condiciones apropiadas de ventilación que regulan la temperatura y la respiración de los tubérculos la luz influye en el desarrollo y vigor de los tubérculos. Además, si hay polillas en el almacén, la población será afectada pues, como sabemos, la plaga prefiere los ambientes abrigados y oscuros.
3. Tratar los tubérculos con baculovirus formulado en polvo, con una dosis de 5 kg de baculovirus por tonelada de papa para evitar que las larvas de polilla dañen los tubérculos almacenados.
4. Evaluar periódicamente el almacén para detectar presencia de la polilla. Esto se puede hacer usando trampas con feromona sexual para detectar adultos o evaluando al azar 100 tubérculos para detectar daño de larvas. Si los tubérculos almacenados para semilla presentan alto daño de polilla estos pueden ser tratados con un insecticida tipo fumigando o en solución.

Bibliografía

Perdomo, R. y V. Barroso. 1974: Ciclo biológico de la Polilla Guatemalteca de la Papa, *Scrobipalopsis solanivora* (Povolny) (*Lepidoptera: Gelechiidae*). Nueva grave plaga de *Solanum tuberosum*. Tesis para Ing. Agrónomo, Universidad de Costa Rica.

Rincón, P. 1967. Polillas de la papa. *Scrobipalopsis solanivora* (Povolny) y *Phthorimaea operculella* (Zeller). PRACIPA-FONAIAP

Salas, J., C. Alvarez, A. Parra y O. Mendoza. 1992. Manejo integrado de insectos. Plagas del cultivo de papa en el Estado de Lana. PRACIPA-FONAIAP

Alcázar, J. y K.V. Raman. 1992. Control biológico de la polilla de la papa con *Baculovirus phthorimaea*. Boletín de Capacitación CIP no. 2.

Palacios, M. 1992. Componentes para un Manejo Integrado de la polilla de la papa. Memorias Curso Internacional de papa. Pamplona 8-10 octubre, 1992.

Palacios, M., K.V. Raman y J. Alcázar. 1993. Control Integrado de la polilla de la papa, *Phthorimaea operculella* (Zeller). Memorias Taller Manejo Integrado de Plagas. Balcarce, Argentina, febrero 24- 28, 1992.

Palacios, M. y, K.V. Raman. 1994. Control Integrado de la polilla de la papa. Boletín de Capacitación CIP no. 4.

Palacios M. 1995. Así se controla a polilla de la papa. Boletín de Capacitación CARE.

Palacios M. 1995. Así vivo la polilla de la Papa. Plegable. CARE

La Mosca Minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

Importancia

La mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard es una de las principales plagas del cultivo de papa en la costa del Perú. Es una típica plaga secundaria que se ha convertido en plaga primaria como consecuencia del uso intensivo de insecticidas para controlar la polilla de la papa. Así como en el Perú, en los últimos años se ha constituido en una plaga de importancia en Chile, Brasil y Costa Rica.

Esta plaga afecta solo la parte aérea de la planta; las hembras adultas perforan las hojas para alimentarse o para depositar sus huevos. Las larvas se alimentan del parénquima foliar y producen características minas serpenteantes. El daño causado por las larvas es el más importante, ya que las minas se convierten en áreas necróticas que afectan la capacidad fotosintética y el rendimiento de la planta. Esta pérdida de rendimiento puede ser del 30-40 %, según de la variedad.

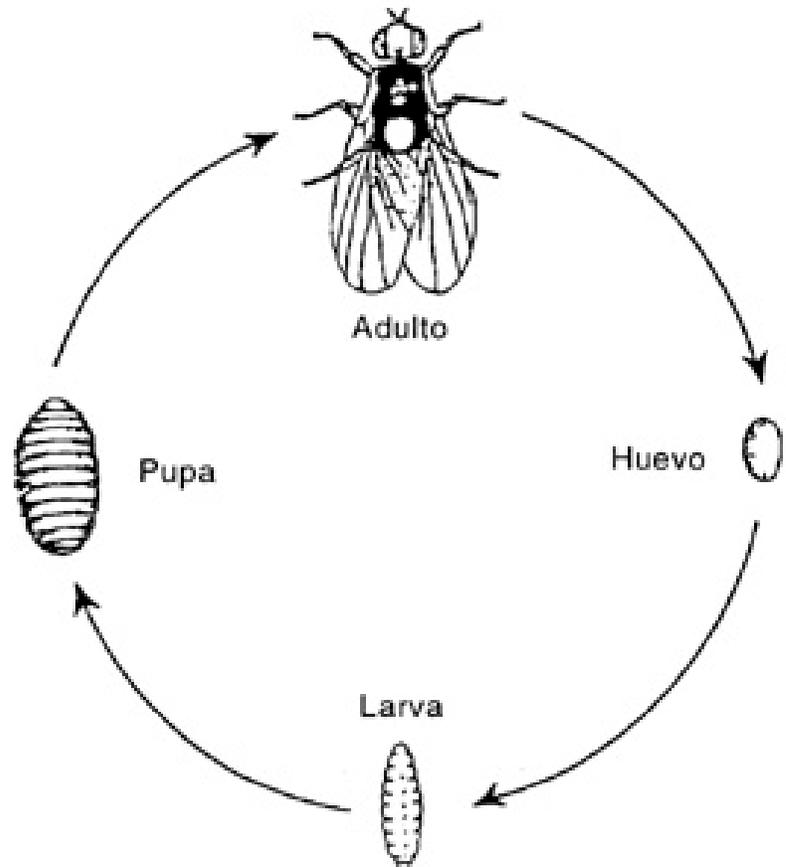


Figura 3 Ciclo biológico de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard.

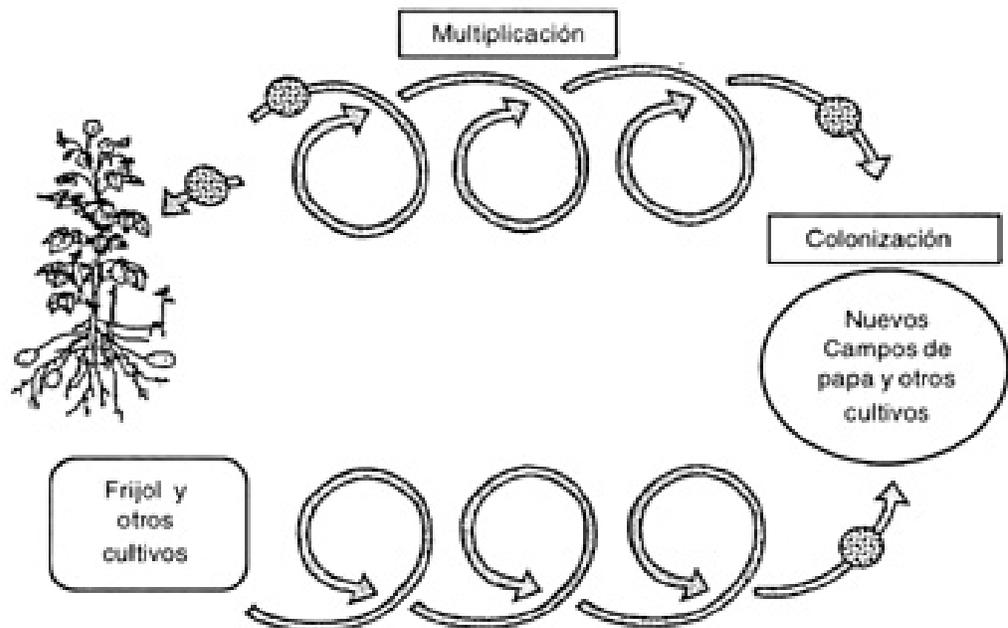


Figura 4 Dinámica poblacional de la *mosca minadora* y su manejo.

Biología

La mosca minadora pasa por cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 3).

El adulto es una mosca pequeña de color negro con una mancha amarilla en el dorso del tórax, mide aproximadamente 3 mm de longitud. Los huevos recién depositados son de color blanco lechoso y posteriormente se vuelven translucidos; tienen forma elíptica y miden 0.31 x 0.6 mm. Las larvas son de tipo vermiforme, carecen de patas y cápsula cefálica: recién emergidas del huevo son translucidas e incoloras, posteriormente se vuelven de color blanco cremoso y llegan a medir 2.4 x 0.5 mm. Las pupas son cilíndricas y transversalmente segmentadas; recién formadas son de color amarillo posteriormente tomar un color marrón oscuro y miden 1.9 x 0.5 mm.

El ciclo de vida desde huevo hasta adulto tiene una duración promedio de 24 días en invierno y 34 en verano. La longevidad del adulto tiene una duración de 11 a 12 días. Esta plaga puede tener hasta 13 generaciones al año.

Los adultos de la mosca minadora son de hábito diurno. La hembra ovípara deposita de 62 a 107 huevos, los que

coloca individualmente en el envés de los folíolos, entre la epidermis y el tejido interno (mesófilo). Después de 3 a 6 días de incubación emergen las larvas y comienzan a minar el folíolo. Inicialmente hacen galerías difíciles de distinguir; conforme desarrolla, la mina se va ensanchando, se hace serpenteante y en algunos casos tiende a ser de tipo lagunar. Después

de 5 a 9 días, cuando completa su desarrollo, la larva abandona la mina y cae al suelo, donde empupa. En este estado permanece por 10 a 18 días, al final de los cuales emerge el adulto.

Comportamiento

En el Perú se le considera una plaga típica de invierno, las poblaciones más altas se presentan en los meses de julio, agosto y septiembre, y las poblaciones más bajas en enero, febrero y marzo. Las horas de mayor actividad son de 6 a 10 AM, cuando se puede observar los adultos alimentándose o apareándose sobre la planta. En los días cálidos el adulto vuelve a ser activo en las tardes, de 3 a 5 PM. Las hembras adultas perforan las hojas para alimentarse y poner sus huevos. El daño se inicia en las hojas basales en la planta; posteriormente conforme se desarrolla la planta, el daño se extiende hacia la parte superior. El daño en el campo se inicia en los bordes y disminuye hacia el centro; se ha observado mayor daño en campos expuestos al viento.

Fluctuación poblacional

En el Perú la población de mosca minadora se hace evidente en el campo entre los meses de abril a junio (otoño), alcanza los picos más altos entre julio y septiembre (invierno); y, posteriormente, entre octubre y diciembre (primavera) desciende como consecuencia del incremento de sus parasitoides; finalmente tiende a desaparecer entre enero y marzo por efecto de la temperatura alta (verano). Por las características de fluctuación poblacional se le considera una plaga propia de la estación fría (invierno).

La mosca minadora tiene un rango de hospederos amplio, el cual comprende 42 especies vegetales agrupadas en 9 familias. Esta amplia variedad de hospederos permite la persistencia de las poblaciones de mosca durante todo el año, aun en ausencia de papa (Figura 4).

Considerando las características de la fluctuación poblacional es posible evitar el daño causado por la plaga en el cultivo de papa realizando siembras tempranas o tardías. En las siembras tempranas prácticamente se elude la plaga; en las siembras tardías el control debe ser más eficiente en los primeros meses de desarrollo del cultivo.

Control

La estrategia de control está orientada a reducir las poblaciones de adultos y larvas e incrementar la tolerancia del cultivo al daño causado por la mosca. El programa de manejo involucra medidas de control cultural, etológico, biológico y químico. En total son siete medidas de control, las cuales se aplican en forma

secuencial desde la siembra hasta después de la cosecha:

- Nuevas variedades tolerantes o resistentes a la plaga.
- Semilla de calidad
- Trampas amarillas pegajosas
- Manejo del riego

- Aporque alto
- Aplicación racional de insecticidas
- Eliminación de rastrojos
- Control biológico

Bibliografía

Palacios, M. y F. Cisneros. 1980. Biología y comportamiento de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanch. Resúmenes XXIII Congreso Nacional de Entomología, Huacho, Perú.

Palacios, M. y Si. Alcázar. 1987. Manejo Integrado de mosca minadora. Colegio de Ingenieros del Perú. Consejo Departamental de Ica. Ciclo de conferencias sobre el cultivo de la papa. Resumen de ponencias.

Palacios, M y K.V. Raman. 1993. Control Integrado de la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* Blanchard.

Palacios, M., O. Ortiz O. y J. Tenorio. 1994. Implementación de un programa de control integrado de mosca minadora en el valle de Tambo, Arequipa, Perú. Memorias del 5to Congreso Internacional MIP San José, Costa Rica. 18-22 de julio, 1994.

Palacios, M., Si. Tenorio, O. Ortiz, A. Pulcha y R. Gómez. 1995. Implementación y difusión de un programa MIP con énfasis en el control de mosca minadora en el Valle de Tambo, Arequipa, Perú. Memorias XVII Reunión ALAP, Mérida (Venezuela). 9-15 de Julio, 1995.

Palacios, M., J. Tenorio, O. Ortiz. 1995. Implementación y difusión del manejo integrado de mosca minadora y su aplicación durante tres años en el valle de Tambo, Arequipa. Resúmenes XXVII Congreso Nacional de Entomología, Trujillo, Perú.

Fascículo 3.8

Afidio vectores de virus importantes en la producción de tubérculos-semillas: identificación y estudio de poblaciones

Véronica Cañedo Torres

Introducción

Uno de los principales factores que determinan la buena productividad del cultivo de la papa es la calidad del tubérculo-semilla. Sin embargo, este cultivo se ve afectado por plagas y enfermedades que pueden ocasionar serias pérdidas. Se conocen más de 20 virus que infectan a la papa y muchos de ellos causan severas pérdidas en el rendimiento. Estos pueden ser diseminados mediante el uso de tubérculos-semillas infectados, por contacto con plantas infectadas, mediante el uso de herramientas contaminadas o por vectores como insectos, nematodos y hongos. Entre los principales insectos transmisores de virus se encuentran los áfidos (Raman, 1986), los cuales están adaptados tanto morfológicamente como por su comportamiento a su forma de transmisión.

Morfología de los Afidios

Los áfidos pertenecientes a la familia Aphididae del orden Homoptera y provienen principalmente de las regiones templadas del hemisferio septentrional. Son relativamente pocas las especies nativas de la región neotropical.

Los áfidos son insectos pequeños ovalados, ápteros o alados, de ectoesqueleto suave, blando y delicado, desnudos o provistos de una cobertura de excreciones cerosas; son activos, de movimientos lentos, pero raras veces sedentarios. Su cabeza es pequeña y se encuentra anchamente unida al tórax. Las antenas generalmente son setiformes, con los segmentos basales más gruesos, en tanto que el segmento terminal se prolonga en un filamento más delgado, denominado unguis o spur, provisto de numerosos sensorios conocido como "rhinaria" que pueden tener diferentes formas. Los ojos compuestos son hemisféricos, grandes y multifacetados en las formas aladas, a veces reducidos en las formas ápteras; los ocelos están presentes en las formas ápteras. La proboscis, llamada también rostrum, es corta o más larga que el cuerpo, está compuesta de 3 a 4 segmentos y presentan un aparato bucal picador-chupador. El tórax es desarrollado, con tres segmentos diferenciados en las formas aladas pero no así en las formas ápteras; en éstas sólo el protórax está diferenciado, en tanto que el meso y el metatórax están fusionados. Las formas aladas presentan dos pares de alas membranosas, transparentes y delicadas, las alas anteriores son de mayor tamaño que las posteriores y con venación más completa. El abdomen consta de 8 a 9 segmentos visibles, pero con la segmentación un tanto obliterada. Presentan, además, 7 pares de espiráculos abdominales. Muchas especies de este grupo tienen glándulas de cera que se abren al exterior en áreas especializadas del abdomen, así como también en los tubérculos laterales y dorsales ubicados en los diferentes segmentos abdominales. La mayoría de las especies de esta familia presentan en la parte dorso-lateral del sexto segmento abdominal un par de órganos denominados cornículus, siphunculi, o sifones que son típicamente tubulares, rectos o recurvados y de diferentes tamaños. Las especies en las cuales estas estructuras están bien desarrolladas pueden presentar un ducto y un orificio apical de salida, a través del cual excretan sustancias cerosas; en otras especies no son funcionales y pueden estar reducidos a simples anillos localizados sobre el ectoesqueleto; están ausentes en algunas especies. El ápice caudal del abdomen, denominado cauda, provee valiosos caracteres de orden taxonómico por su forma, número y el ordenamiento de las setas (Figura 1) (Raven, 1980).

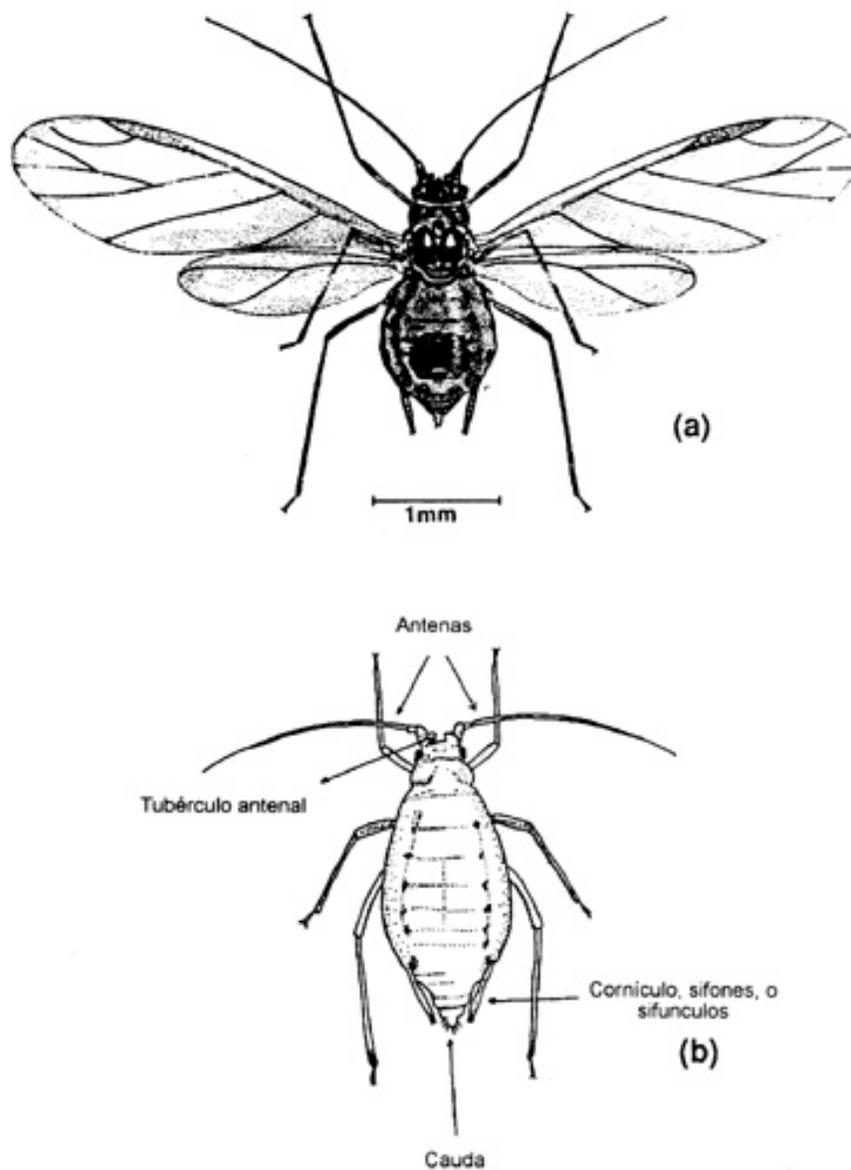


Figura 1 Morfología del áfido (a) alado y (b) áptero.

Distribución y Hospedantes

Los áfidos son de distribución mundial; en el Perú abundan en la Costa, aunque también se han encontrado en Sierra y Selva. Se han realizado muchos estudios sobre la distribución e importancia de los áfidos del cultivo de la papa en el Perú (Wille, 1943; Velarde, 1973; Valencia y Cárdenas, 1973; Valencia et al., 1975;

Ortiz, 1980; Da Silva, 1980). Las especies que predominan son *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Macrosiphum euphorbiae* y *Aulacorthum solani*. Además, se han constatado infestaciones por *M. persicae* en brotes de papas encima los 3000 msnm. El áfido de mayor importancia a nivel mundial es *Myzus persicae*, el cual no solamente causa un daño directo sino que tiene la capacidad de transmitir más de 100 enfermedades de virus en plantas que pertenecen a cerca de 30 familias diferentes; entre los principales cultivos que afecta se incluyen papa, tabaco, caña de azúcar, crucíferas, cítricos, entre otras (van Emden, 1969).

Los áfidos son insectos altamente polífagos y poseen un amplio rango de hospedantes dentro de las plantas cultivadas o silvestres, lo que les permite producir grandes poblaciones de individuos alados que visitan y colonizan los cultivos de papa.

Ciclo de desarrollo y daños que causan

Los áfidos son insectos con metamorfosis gradual o paurometábola. Todos son polimórficos, es decir tienen formas aladas y ápteras. Presentan además heterogamia o reproducción cíclica, en la cual se alternan generaciones partenogenéticas con reproducción sexual. Esto mayormente se produce en las zonas con estaciones marcadas como la región Holártica, donde hay machos, y donde los individuos invernan en estado de huevo en las épocas de climas inapropiados para la reproducción; en la región Neotropical sólo presentan reproducción partenogenética. Esta reproducción (donde no hay cópula ni hay machos) es de suma importancia; las hembras paren directamente ninfas, que cuando llegan a adulto pueden presentar alas o no. La migración se realiza a través de las formas aladas que empiezan a desarrollarse cuando las condiciones de la planta hospedante no son favorables, o bien cuando la colonia tiene un exceso de individuos ápteros, que son los responsables de la dispersión y colonización de las nuevas plantas, así como de la transmisión de las enfermedades virales (Richard y Davis, 1984; Vergara y Galeano, 1994).

Su ciclo de desarrollo es corto; para las condiciones de Costa central se ha determinado que *M. persicae* puede tener un promedio de 38 generaciones por año (Herrera, 1963).

Casi todas las partes de la planta pueden ser atacadas por los áfidos, pero son más frecuentes los ataques en los brotes, tallos u hojas tiernas, aunque también se les puede encontrar sobre los tubérculos (Valencia, 1975).

Los áfidos causan daños económicos al extraer la savia de las plantas en grandes cantidades debilitándolas o bien causando cambios fisiológicos que inducen deformaciones, amarillamientos o agallas. Como ingieren más savia de la que tolera su cuerpo, el exeso es excretado en forma de un líquido azucarado, que a su vez sirve de sustrato para la proliferación de un hongo denominado fumagina (*Capnodium* sp.), que interfiere con la función clorofiliana de las plantas y puede reducir el rendimiento hasta en 25% en cultivos como la papa.

El mayor daño que causan los áfidos es como vectores de virus, como en el caso del virus del enrollamiento de las hojas de la papa (PLRV) que puede ocasionar pérdidas hasta del 90%, (Jayasinghe, 1988).

Afido vectores de virus

El principal vector o transmisor de las enfermedades virales de la papa es el pulgón verde de la papa o pulgón verde del melocotonero, *Myzus persicae* Sulzer. (Ragsdale et al., 1994). En condiciones naturales, los virus de papa pueden ser transmitidos de plantas infectadas a plantas sanas de varias maneras.

Transmisión mecánica.-Varios virus que afectan papa pueden diseminarse por contacto entre las plantas o pueden ser transmitidos por equipos, maquinarias, animales y aun por los operarios. Los virus ingresan a la planta sana a través de pequeñas heridas. Algunos virus pueden diseminarse cuando los brotes de los tubérculos sanos se ponen en contacto con los de los tubérculos infectados en el almacén.

Transmisión biológica.-Es la transmisión realizada por insectos, es la más importante en el cultivo de papa, pues los dos virus más ampliamente distribuidos (PLRV y PVY) son transmitidos por áfidos. Esta puede ser de dos tipos:

Transmisión no persistente.-Los áfidos pueden adquirir los virus durante los breves períodos en que prueban los tejidos epidérmicos de las plantas infectadas o cuando se alimentan de ellos. Sólo toma unos segundos que las partes bucales se contaminen y luego el áfido puede transmitir los virus inmediatamente a otras plantas. Los áfidos pueden mantenerse infectivos durante un período corto (menos de 2 horas) y pueden transportar virus a cortas distancias. Estos virus son rápidamente eliminados por los insectos. Todos los virus de papa, con excepción de PLRV, son transmitidos de manera no persistente, (Ortego, 1993; Barrera, 1995).

Transmisión persistente.-Los virus que son transmitidos de forma persistente se localizan en el floema de las plantas. Para adquirirlos, un áfido tiene que alimentarse del floema por largos períodos (20 a 30 minutos).

El virus ingresa en el cuerpo del áfido y durante un período adicional de incubación, que dura varias horas, los áfidos permanecen normalmente no virulíferos. Luego el virus persiste durante el resto de la vida del áfido y puede ser llevado a largas distancias. El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) es transmitido de esta forma; este es el virus más importante en papa (Raman, 1986).

Afidos en el cultivo de papa

En el cultivo de la papa encontramos áfidos de hábitos aéreos y subterráneos (Valencia y Trillos, 1986).

Entre los que tienen hábitos aéreos tenemos:

Myzus persicae (Sulzer)

Macrosiphum euphorbiae (Thomas)

Aulacorthum solani (Kaltenbach)

Aphis gossypii (Glover)

Aphis nasturtii (Kaltenbach)

Entre los que atacan a la porción subterránea están:

Rhopalosiphum rufiabdominalis (Sasaki)

Rhopalosiphoninus latysiphon (Davidson)

Identificación de los principales áfidos de papa

En general los áfidos presentan diversas formas y características que pueden ser usadas para su identificación. Sólo algunas son importantes para una identificación práctica; entre ellas se incluye: la forma, color, tamaño y forma de los tubérculos antenales (Figura 2), y la longitud de las antenas, abdomen y sifones. Estas características pueden ser observadas mediante una preparación en lámina de los áfidos, con una técnica de montaje y haciendo uso de un microscopio estereoscópico. Por otro lado, también pueden ser identificados en el campo o de las muestras recuperadas de las trampas amarillas, directamente, usando una lupa de 20X.

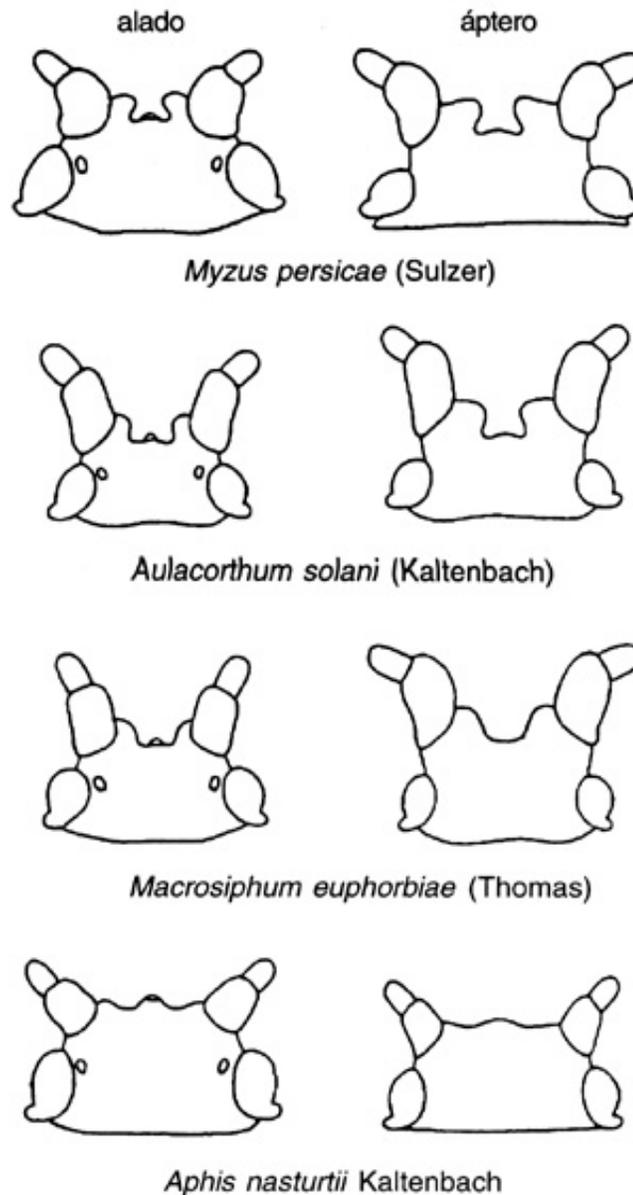


Figura 2 Formas de la cabeza de los áfidos (Mac Gillivray, 1979).

A continuación se presenta una breve descripción de los áfidos que colonizan la papa.

Myzus persicae.-Cuerpo de color rosado oscuro, cremoso, amarillento, verde claro o casi incoloro. Tubérculos antenales desarrollados y convergentes, antenas del mismo tamaño del cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo, con una mancha característica. Cornículos o sifones del mismo color del cuerpo con las puntas más oscuras, ligeramente hinchados en la parte distal. Cauda corta y puntiaguda. Se les puede encontrar en la planta sobre brotes, follaje, especialmente en las hojas basales (Figura 3).

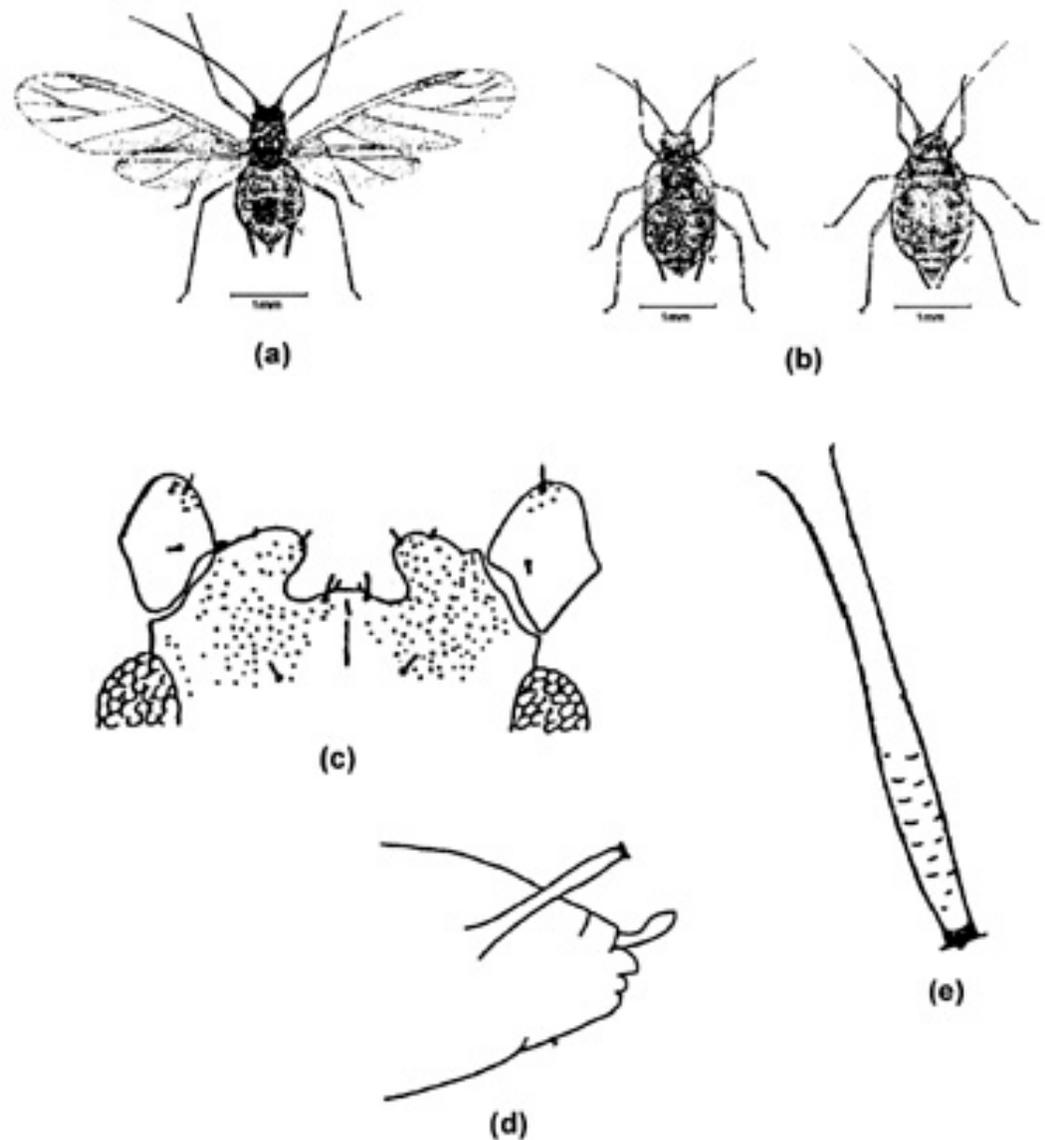


Figura 3 *Myzus persicae* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen, (e) sifúnculos.

Macrosiphum euphorbiae.-Cuerpo alargado en forma de cuña, con diversos tonos de verde, rosado o amarillo. Tubérculos antenales desarrollados y divergentes, antenas más largas que el cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo sin manchas oscuras. Cornículos o sifones cilíndricos, muy largos y extendidos hacia afuera, del mismo color del cuerpo, a veces con el ápice más oscuro. Cauda larga. Se les puede encontrar en la planta especialmente sobre las hojas superiores, brotes, tallos y flores (Figura 4).

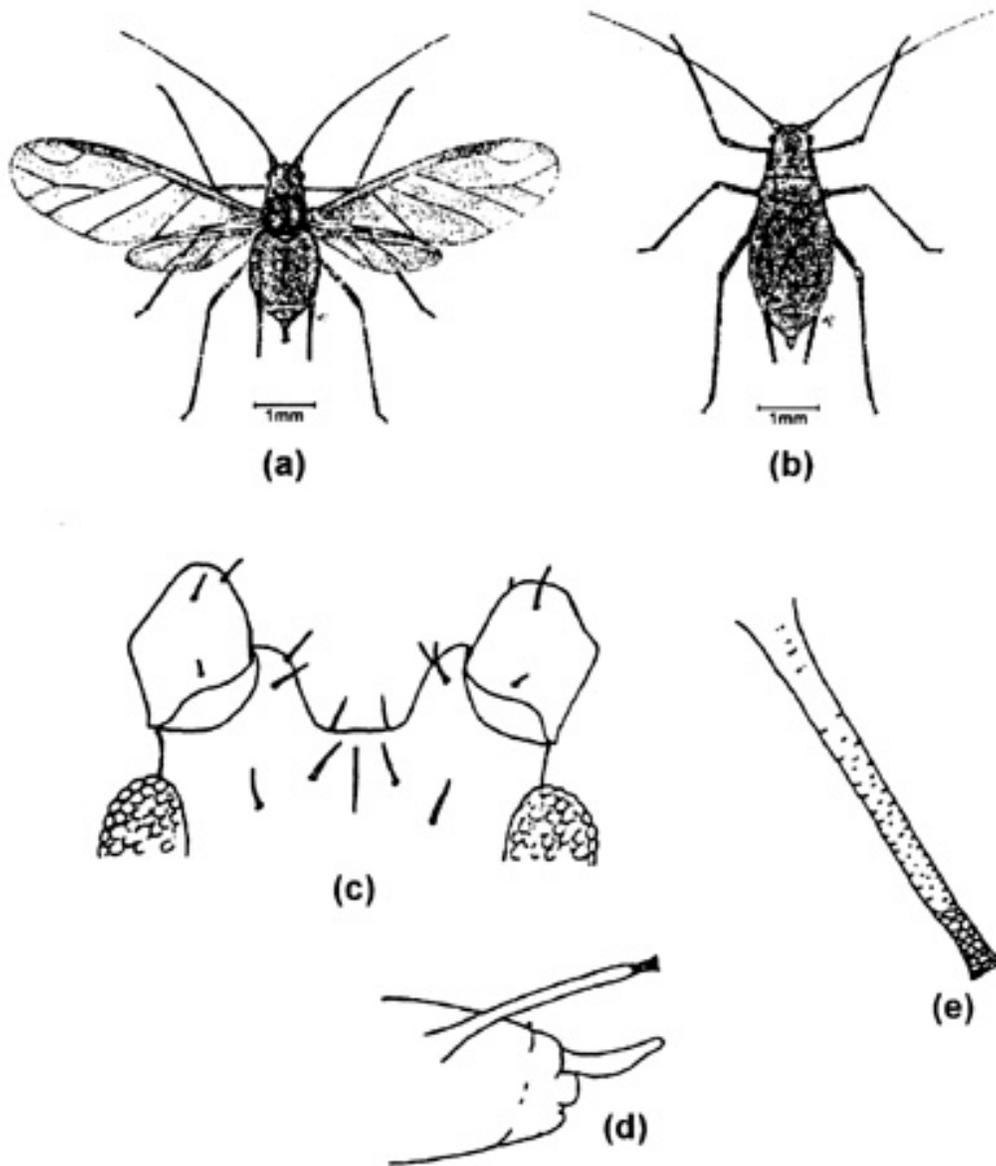


Figura 4 *Macrosiphum euphorbiae* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen, (e) sifúnculos.

Aulacorthum solani.-Cuerpo en forma de pera, globular en la parte más ancha, ligeramente por encima de los sifones. Cuerpo brillante amarillo, verdoso claro a verde oscuro, a veces ligeramente castaño. Tubérculos antenales desarrollados y paralelos, antenas más largas que el cuerpo. Abdomen del mismo color del cuerpo con manchas marrones a olivo. Cornículos o sifones rectos con los bordes levantados, prominentes en las puntas que son oscuras. Cauda cónica. Se les puede encontrar en la planta sobre hojas y flores (Figura 5).

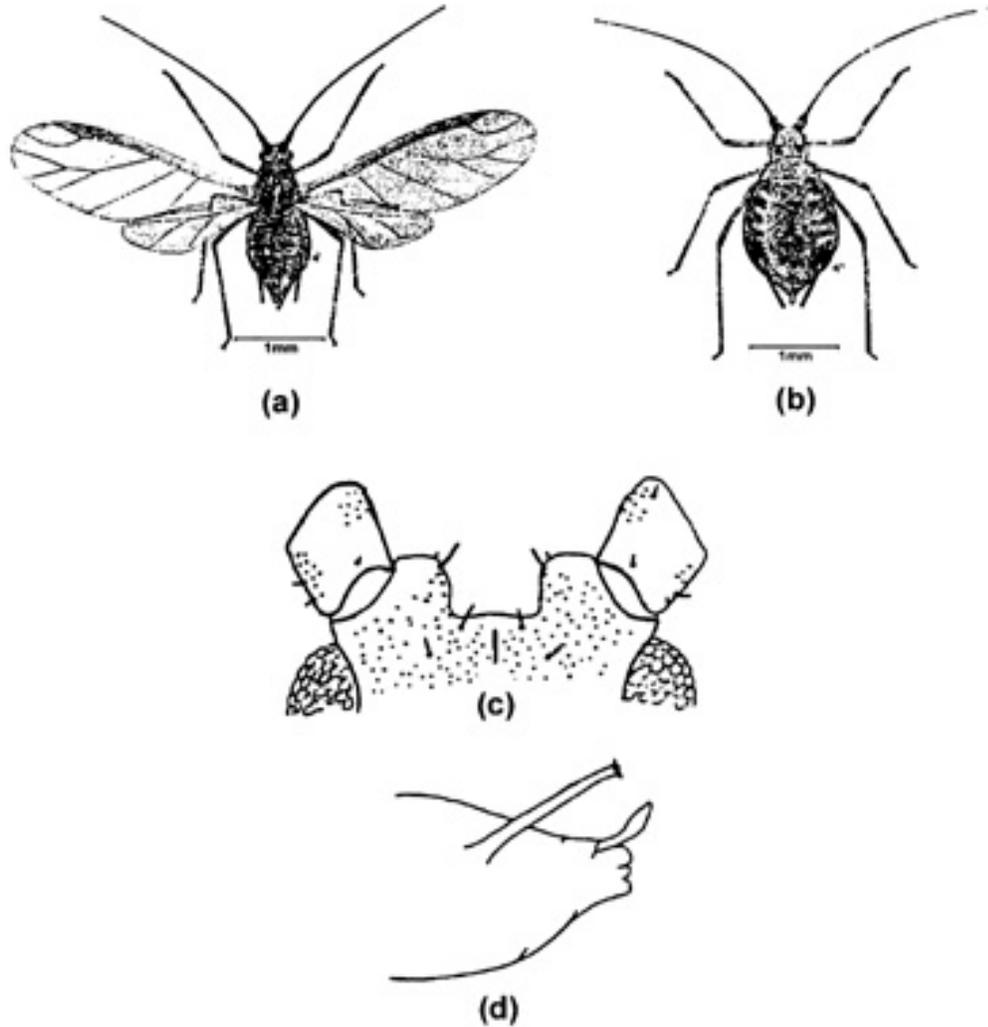


Figura 5 *Aulacorthum solani* (a) alado, (b) áptero, (c) tubérculos antenales, (d) vista lateral del abdomen.

Aphis gossypii.-Cabeza y tórax de color negro; abdomen amarillento a verde. Sin tubérculos antenales. Antenas más cortas que el tamaño del cuerpo. Abdomen con manchas oscuras laterales. Cornículos o sifones oscuros. Cauda corta similar a un dedo. Se les puede encontrar en la toda la planta (Figura 6).

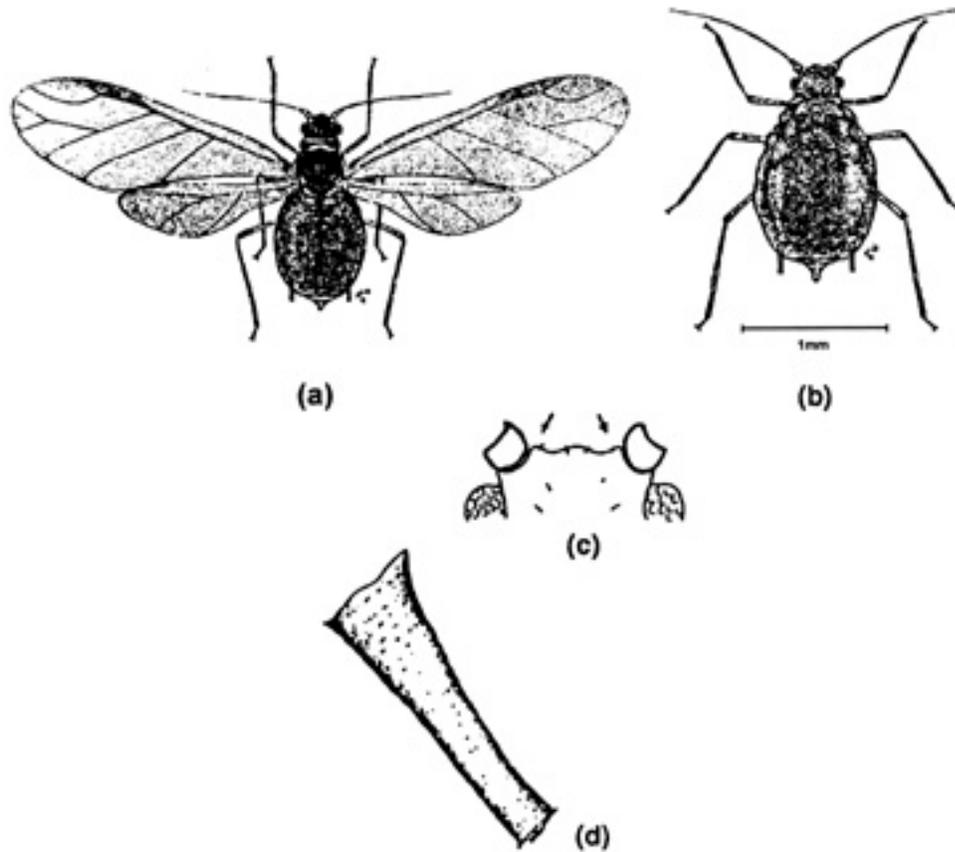


Figura 6 *Aphis gossypii* (a) alado, (b) áptero, (c) cabeza, (d) sifunculos.

Rhopalosiphum rufiabdominalis.-Cabeza y tórax de color verde olivo oscuro. Tubérculos antenales ligeramente desarrollados. Antenas y cuerpo con largas setas; cuerpo de coloración verde con marcas anaranjado-oscuras entre y en la base de los sifones. Cornículos o sifones oscuros, casi cilíndricos, más delgados hacia el borde. Cauda clara. Se les puede encontrar en las raíces de la planta.

Rhopalosiphoninus latysiphon.-Cabeza de color negro. Tubérculos antenales desarrollados, paralelos internamente. Antenas más largas que el cuerpo. Abdomen verde olivo con una mancha dorsal trapezoidal negra. Cornículos o sifones negros, fuertemente engrosados en el centro, cilíndricos en la base y los ápices. Cauda grisácea y de forma triangular. Se les puede encontrar en los brotes y en las partes subterráneas de la planta (Cermeli, 1984).

Clave para la identificación en el campo de las principales especies de afidios de la papa

Apteros

1. De hábitos subterráneos 2
- 1a. De hábitos aéreos 3
- 2(1) Antenas de 5 segmentos, más cortas que el cuerpo de color verde oscuro con área rojo carmín alrededor y entre los sifúnculos, que son cortos ligeramente engrosados, con reborde pronunciado
Rhopalosiphum rufiabdominalis (Sasaki)
- 2a. Antenas de 6 segmentos, más largas que el cuerpo de color verde con mancha dorsal oscura. Sifúnculos engrosados exageradamente en la parte media, en forma de vejiga
Rhopalosiphoninus latysiphon (Davidson)
- 3(1a) Cuerpo de color negro mate, a veces con barras cerosas dorsales de color blanco
Aphis fabae (Scopoli)
- 3a. Cuerpo de color amarillo a verde oscuro 4
- 4(3a) Tubérculos frontales poco desarrollados. Sifúnculos cortos, cauda con ápice romo 5
- 4a. Tubérculos frontales bien desarrollados. Sifúnculos largos, cauda con ápice puntiagudo 6
- 5(4) Sifúnculos negros. Cauda de color más claro que el cuerpo
Aphis gossypii Glover
- 5a. Sifúnculos claros en la base, negros en el ápice. Cauda del color del cuerpo
Aphis nasturtii Kaltenbach
- 6(4a) Sifúnculos ligeramente engrosados en el tercio distal
Myzus persicae (Sulzer)
- 6a. Sifúnculos cilíndricos 7
- 7(6a) Sifúnculos con reborde pronunciado, con área basal de tonalidad más oscura
Aulacorthum solani (Kaltenbach)

- 7a. Sifúnculos con reborde no pronunciado, sin área basal diferenciada
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)

Alados

1. Cabeza, tórax y abdomen de color marrón o negro mate. Cauda del mismo color, espatulada
Aphis fabae (Scopoli)
- 1a. Cabeza y tórax de color marrón o negro. Abdomen desde el verde oscuro al amarillento. Cauda más clara que el color del abdomen 2
- 2(1a) Tubérculos frontales poco desarrollados. Antenas más cortas que el cuerpo 3
- 2a Tubérculos frontales bien desarrollados. Antenas del mismo largo o más largas que el cuerpo 5
- 3(2) Antenas de 5 segmentos. Abdomen verde oscuro con bandarrojiza rodeando la base de los sifúnculos liegeramente engrosados y con reborde pronunciado
Rhopalosiphum rufiabdominalis (Sasaki)
- 3a Antenas de 6 segmentos. Abdomen verde oscuro a amarillento
Sifúnculos subcilíndricos, sin reborde pronunciado 4
- 4(3a) Cauda más clara que el color del abdomen. Esclerito post-sifuncular en forma de herradura
Aphis gossypii Glover
- 4a Cauda del color del abdomen. Esclerito post-sifuncular ausente
Aphis nasturtii Kaltenbach
- 5(2a) Abdomen sin escleritos dorsales
Macrosiphum euphorbiae (Thomas)
- 5a Abdomen con escleritos dorsales 6
- 6(5a) Sifúnculos muy engrosados. Abdomen verde oliva con mancha dorsal uniforme
Rhopalosiphoninus latysiphon (Davidson)
- 6a Sifúnculos cilíndricos o ligeramente engrosados. Abdomen verde claro con bandas transversales o trapezoidal 7
- 7(6a) Sifúnculos cilíndricos. Escleritos dorsales en forma de barras transversales
Aulacorthum solani (Kaltenbach)

7a Sifúnculos ligeramente engrosados. Escleritos dorsales unidos en forma trapezoidal

Myzus persicae (Sulzer)

Estudio de las poblaciones de áfidos en la relación con la producción de tubérculos-semillas

La incidencia de algunas enfermedades virales importantes en la producción de tubérculos-semillas de papa dependen principalmente del desarrollo de las poblaciones de áfidos durante el ciclo vegetativo y de las fuentes o focos de infección de la zona (van der Zaag, 1983). En un programa de semillas hay que tener en cuenta que no todas las especies de áfidos transmiten virus, por lo que es necesario identificar y conocer qué especies se encuentran en una determinada área. También es necesario conocer su dinámica y densidad poblacional, el momento en que se inician las infestaciones en un determinado campo y su dispersión (Ortego, 1991).

Muchas especies se mueven sistemáticamente entre dos diferentes grupos de plantas en el curso de un ciclo completo de desarrollo. El movimiento de los individuos alados a grandes distancias puede ser considerado como una migración dispersiva. Pero el ligero peso y relativo gran tamaño de las alas ocasionan que el viento los desplace fácilmente y los arrastre a grandes distancias. La ausencia de una migración típica en algunas especies conduce a que las ninfas se agreguen alrededor de la madre, cuando las condiciones del hospedero son favorables.

El comportamiento de *Myzus persicae* es diferente. Las ninfas se dispersan sobre las hojas buscando mejores lugares de alimentación o hacia otras plantas caminando por el suelo (Schneider, 1962).

La dispersión de los áfidos en el campo se puede producir de dos maneras: 1) Un áfido puede llegar libre de virus al campo, alimentarse de plantas enfermas y adquirir el o los virus, para luego alimentarse de otras plantas sanas y de esa manera transmitir los virus. 2) Un áfido ya contaminado puede llegar a un campo sano, alimentarse y transmitir la enfermedad.

Observaciones realizadas en campos de papa han demostrado una escasa correlación entre el número de áfidos ápteros presentes y la dispersión de éstos en el campo; sin embargo, sí hay una correlación entre los áfidos capturados en las trampas y la cantidad de plantas infectadas dispersas en el campo (van Harten, 1978). Por este motivo es de suma importancia el estudio de las poblaciones de áfidos en los campos de papa destinados a la producción de semilla.

Para determinar poblaciones se han probado diferentes métodos, dentro de los cuales el más importante es el uso de trampas amarillas de agua para detectar a la población migrante. El uso de estas trampas determina el movimiento de los alados, la época de mayor abundancia, su relación con la incidencia de las enfermedades virales y el reconocimiento de las especies de una determinada área.

Hay tres métodos de estudio de las poblaciones de los áfidos:

1. Contaje de áfidos en plantas: Llamado también método del golpeado, es una técnica rápida y eficiente que se usa temprano en la temporada de cultivo, cuando las plantas están jóvenes y las poblaciones de áfidos son bajas. Debe ser usada principalmente para detectar la migración inicial de los áfidos alados en un campo de papa. Normalmente esta migración no puede ser detectada solamente con las trampas.

Se observan aproximadamente 50 plantas seleccionadas al azar de las primeras hileras del borde, por donde el viento llega al campo y donde se establecen los primeros áfidos alados. Se coloca una cartulina, papel o bandeja de color claro, que abarque toda la planta debajo de un lado de ésta, se sacude suavemente la planta sobre la cartulina y se procede a contar. Aunque algunos áfidos pueden volar si la planta se sacude violentamente, el método es bastante confiable. No se debe realizar cuando las poblaciones de áfidos son altas.

2. Contaje de áfidos por hojas: La transmisión de virus está más estrechamente relacionada con el avance de la infestación de áfidos de planta a planta que con el número de total de áfidos en una planta dada. El avance de la infestación de áfidos puede ser observado por este método. Cuando las plantas maduran y desarrollan más hojas, se deben contar los áfidos presentes en hojas por lo menos una vez por semana para observar la infestación. Esta técnica también puede ser usada en aquellos campos que no pueden ser visitados con mucha frecuencia para efectuar el estudio con las trampas de agua. Para esto se seleccionan al azar 50 plantas de todo el campo y se observan tres hojas desarrolladas de cada planta, del tercio superior, medio e inferior. Los áfidos se localizan en el envés de las hojas y hay que tener cuidado de no aplastarlos. El contaje del número de áfidos alados y ápteros se puede realizar con una lupa de 10 aumentos.

Cuando los áfidos se encuentran dispersos, el número promedio de áfidos por hojas o por planta describe perfectamente a la población presente (Heathcote, 1972)

3. Trampas amarillas de agua: La migración de los áfidos de un cultivo de papa a otro y dentro del mismo cultivo se debe al vuelo de los adultos alados. El color amarillo brillante es especialmente atractivo para *Myzus persicae* y los datos obtenidos proporcionan una información precisa sobre el vuelo de los áfidos.

Hay dos tipos de trampas de agua: rectangular y circular. Generalmente se usan bandejas cuyo fondo está pintado de color amarillo y sus paredes laterales de color gris. El área de las trampas debe ser lo suficientemente grande como para cubrir un área que corresponda a la extensión de una planta de papa madura (30 cm. de diámetro). El tamaño y forma de las trampas que se usan en un campo deben ser iguales. Deben tener un tubo de drenaje para facilitar el cambio de agua y la recolección de los insectos atrapados. Además, debe tener un rebosadero en un lado, cubierto con una malla delgada que permita el flujo del exceso de agua, sin que los áfidos se pierdan. Se deben colocar dos trampas dentro del campo, a una distancia de 5 metros entre ellas, o de lo contrario en los bordes del campo, lo que permite una manipulación fácil. La trampa se llena con agua (2-3 cm aproximadamente) y para romper la tensión superficial se le agrega unas gotas de detergente líquido o jabón. Se debe cambiar el agua y recolectar los insectos semanalmente, luego llevarlas al laboratorio donde serán separados e identificados. Las muestras recolectadas pueden ser guardadas en alcohol al 70%, si no son procesadas de inmediato.

Como no todos los áfidos tienen la misma atracción por el color amarillo, los resultados obtenidos con diferentes métodos de captura no son los mismos. Por este motivo en algunos lugares se usan las trampas de succión, que consisten en captar un cierto volumen de aire, para determinar el número de áfidos capturados. Sin embargo, este equipo solamente puede ser usado para estimar el desarrollo general de la población y no para determinar la densidad poblacional en el follaje de una determinada localidad ni para la evaluación de la infestación en el campo de cultivo (Peters, 1987).

Como cada método de control presenta una ventaja específica, se recomienda que se aplique más de uno durante la temporada del cultivo. El total de áfidos ápteros puede ser menos importante en el tiempo que los áfidos alados. La dispersión temprana de virus en un cultivo es mucho más seria que la dispersión tardía, debido principalmente a que las plantas más jóvenes son más susceptibles a la infección de virus transmitidos por insectos que las plantas de mayor edad. Las primeras son las fuentes de infección de virus más importantes para una dispersión secundaria.

El conteo de áfidos en las plantas ayuda a detectar el comienzo de la infestación por áfidos. El conteo de áfidos en las hojas revelan el movimiento de los áfidos y la acumulación poblacional dentro de un cultivo. Los datos pueden ser representados gráficamente, usando como variable el tiempo; de este modo se muestra el avance de la infestación. El movimiento de los áfidos alados está más relacionado con la transmisión de virus.

En estudios realizados en tres zonas agroecológicas de Colombia (Sánchez et al., 1991) las cuales se encuentran a diferentes altitudes: Páramo (3200 msnm), Media (2600 msnm) y Baja (2150 msnm), se encontraron diferencias en las poblaciones de áfidos en los dos semestres del año (Cuadro 1), que se correlacionaron con la incidencia de virus que se presentó en dichas zonas (Cuadro 2).

Cuadro 1 Presencia de áfidos en el cultivo de papa en tres zonas agroecológicas de Colombia.

Zona Agro-ecológica	Altitud (msnm)	Semestre	Promedio del número de áfidos/planta			
			Plantas testigo		Plantas enfermas	
			Apteros	Alados	Apteros	Alados
Páramo	3200	1	0.1	0.0	0.0	0.0
		2	0.7	0.0	0.7	0.0
Media	2600	1	4.0	0.1	10.0	1.0
		2	41.0	0.3	23.0	0.3
Baja	2150	1	50.0	-	28.0	1.0
		2	-	5.3*	-	-

Fuente: Sánchez et al., 1991.

* No se especificaron estadios.

Cuadro 2 Incidencia total de virus en cuatro variedades después de dos generaciones de papa en el primer y segundo semestre del año.

Zona	Incidencia total de virus (%) (Promedio de cuatro variedades)			
	1er. Semestre		2do. Semestre	
	Testigo	Inf. Natural	Testigo	Inf. Natural
Páramo	1	18	27	30
Media	4	34	22	46
Baja	12	69	8	87

Fuente: Sánchez et al., 1991-

Estos resultados muestran una alta correlación entre las poblaciones de áfidos, la incidencia de virus y la altitud, ya que se encontró mayor incidencia de virus y presencia de áfidos en la zona más baja, donde las temperaturas son más altas, lo que favorece una alta población y movilidad de los áfidos.

Los datos obtenidos y las consideraciones sobre la susceptibilidad varietal, la fecha de siembra del cultivo, las medidas de control para los áfidos, el manejo cultural y las condiciones climáticas serán útiles para realizar una buena selección del área de producción de semilla. También la época de siembra adecuada para aplicar insecticidas, así como la programación de las fechas de cosecha y destrucción del follaje, ayudará también a reducir la cantidad de áfidos en el campo. En las áreas apropiadas para la producción de semilla sólo se capturan unos pocos áfidos de *M. persicae* alados. La correlación es más estrecha entre el número de individuos capturados por trampa amarilla y la diseminación de PLRV que la de PVY, porque PLRV es el virus de mayor importancia y generalmente el indicador más práctico y preciso de las medidas que se deben tomar.

Prevención de las enfermedades Transmitidas por áfidos

A continuación se indican las medidas que se utilizan para la prevención de las enfermedades virales transmitidas por áfidos (Raman, 1986; Jayasinghe, 1988):

1. Selección del área de cultivo: Seleccionar las áreas de producción de semilla con base en el estudio de las poblaciones de áfidos por lo menos con 2 años de anticipación. Los campos deben estar situados de tal manera que el viento no llegue de los campos de papa de consumo o de hospederos alternantes. Lo ideal sería que los campos de producción de semilla estén situados en áreas completamente diferentes a las de los campos destinados al consumo.

2. Época de siembra: La época de migración de los áfidos es mucho más importante que el número total de individuos capturados, pues nos permite manejar la época de siembra.

3. Eliminación de fuentes de infección: Es necesario llevar a cabo la eliminación de los hospederos primarios, tanto dentro del campo como fuera de él, tan pronto como sea posible, al igual que en las zonas aledañas y evitar la cercanía a huertos de frutales especialmente de duraznero. Dentro del campo se consideran las plantas de papa infectadas, plantas voluntarias y malezas de flores amarillas.

4. Uso de variedades resistentes: Conseguir variedades de papa resistentes a la infección o a la multiplicación de virus es necesario pero difícil porque se debe al efecto aditivo de muchos genes.

5. Época de cosecha: Después de que un áfido virulífero ha estado alimentándose en el follaje, necesita de un tiempo para que llegue a los tubérculos. Por eso se recomienda cosechar a más tardar de 8 a 10 días después de que el estudio de poblaciones indique una acumulación crítica de áfidos. Ese plazo es suficiente para que la infección de virus llegue a los tubérculos.

6. Almacenamiento de los tubérculos: Los tubérculos deben estar protegidos para evitar la infestación con áfidos y la posible transmisión de virus.

7. Control químico: Este resulta efectivo para los áfidos que colonizan al cultivo y para los vectores de virus persistentes. Se recomienda el uso de productos granulados sistémicos aplicados al suelo al momento de la siembra. Para los áfidos alados migrantes que transmiten virus no circulativos, no hay insecticidas con un efecto tóxico tan rápido como para matar al vector antes de que llegue a transmitir los virus.

Técnica de montaje de áfidos

1. Seleccionar los ejemplares y pincharlos en el abdomen.
2. Colocarlos en baño María en alcohol al 70 % durante 5 minutos.
3. Pasar los especímenes a una solución de hidróxido de potasio al 70 % durante 5 minutos.
4. Lavar las muestras en alcohol al 70%.
5. Diafanizar en baño María en cloral fenol.
6. Montar sobre una solución de Berleese y cubrir con un cubre objetos.

Reactivo de Berleese

1. Goma arábica 12 gramos
2. Hidrato de cloral 20 gramos
3. Glicerina pura 6.5 cc
4. Agua destilada 40 cc

Preparación:

- a) Mezclar las sustancias 1 y 4.
- b) Mezclar las sustancias 2 y 3.
- c) Filtrar.
- d) Concentrar por medio de calor.

Diafanizante (Cloral fenol)

1. Preparar una solución saturada de fenol.

2. Preparar el hidrato de cloral saturado y mezclar ambas soluciones.

Referencias Bibliograficas

Barrera, C. 1995. Características generales de los virus y la importancia de las enfermedades que causan. En: Manual Técnico sobre Producción de Tubérculos-Semillas de Papa. O. Hidalgo (Ed.). 8 p.

Cermeli L.M. 1984. Claves para la identificación de áfidos capturados en trampas en Venezuela. Serie A N° 2-02. FONAIAP, Maracay, Venezuela. 162 p.

Da Silva, T.,M. Ortiz y D. Ojeda. 1980. Aphididae (Homoptera) del departamento de Lambayeque. Rev. Per. Ent. 23(1): 121-123.

Herrera, J. 1963. Problemas insectiles en el cultivo de papa en el valle de Cañete. Rev. Per. Ent. 6(1):1-9.

Jayasinghe, U. 1988. El virus del enrollamiento de la hoja de la papa; PLRV. Lima, Perú, Centro Internacional de la Papa. 21 p. (Boletín de Información Técnica No. 22).

Mac Gillivray M.E. 1979. Aphids infesting potatoes in Canada: A field guide. Minister of supply and Services Canada. 23 p.

Ortego J. 1991. Presencia y actividad de áfidos vectores de PVY en dos localidades productoras de tubérculo-semilla de papa en Malarg e, Mendoza, Argentina. Rev. Lat. Papa. 4:86-102.

Ortego J. 1992/93. Importancia de los hospederos primarios de *Myzus persicae* Sulzer en la epidemiología del PVY. Rev. Lat. de la Papa. 5/6:64-76.

Ortiz, M. 1980. Aphididae (Homoptera) provenientes de la ceja de selva, Tingo María (Huánuco-Perú). Rev. Per. Ent. 23(1): 119-120.

Peters, D., 1987. Spread of viruses in potato crops. En: Viruses of potatoes and seed-potato production. J.A. de Bokx & J.P.H. van der Want (eds.). Pudoc, Wageningen, Wageningen. 259 p.

Raven, K. 1980. Apuntes del curso de sistemática de insectos. Curso de Graduados, Especialidad de Entomología. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Ragsdale D.W., E.B. Radcliffe, A.D. Difonzo y M.S. Connelly. 1994. Action thresholds for an aphid vector leafroll virus. En: Advances in Potato Pest, Biology and Management. G.W. Zehnder, M.L. Powelson, R.K. Jansson & K.V. Raman (eds.). American Phytopathological Society Press, St. Paul, Minnesota, USA.

Raman K.V. 1986. Transmisión de Virus de papa por áfidos. Boletín de Información Técnica N°2. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima. 22 p.

Richards, O.W. y R.G. Davies. 1980. Tratado de Entomología IMMS, Estructura, fisiología y desarrollo. Vol.1. 438 pp.

Sánchez de Luque, C., P. Corzo y O. Pérez. 1991. Incidencia de virus de papa y su efecto sobre el rendimiento en tres zonas agroecológicas de Colombia. Rev. Lat. de la Papa 4: 36-51.

Valencia, L. y N. Cárdenas. 1973. Los áfidos (Homoptera: Aphididae) del valle de Ica, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Rev. Per. Ent. 16(1): 6-14.

Valencia, L. y O. Trillos. 1986. Afidos de papa: Identificación, biología, descripción de daños y métodos de seguimiento. En: Memorias del Curso sobre Control Integrado de Plagas de papa. Bogotá, Colombia.

Valencia, L., C. Guerra y F. Gutarra. 1975. los áfidos (Homoptera: Aphididae) del valle del Mantaro, sus plantas hospederas y enemigos naturales. Rev. Per. Ent. 18(1): 90-97.

van der Zaag D.E. 1983. La patata de siembra fuentes de suministro y forma de utilizarla. Instituto Consultivo Holandés sobre la Patata y Ministerio de Agricultura y Pesca, La Haya. 40 p.

van Emden, H.F., V.F. Eastop, R.D. Hughes y M.S. Way. 1969. The ecology of *Myzus persicae*. Ann. Rev. Ent. 14:197-270.

van Harten A. 1978. Potato aphid identification and virus dispersal course. Resumen del curso organizado por el CIP, junio 5-9, 1978, Izmir, Turquía.

Velarde, G. 1973. El cultivo de papa en Ica. Estación Experimental agrícola San Camilo. Asoc. de agricultores de Ica. Bol. N° 17. 65 p.

Vergara R.R. y O.P. Galeano. 1994. Interacciones poblacionales entre áfidos y sus enemigos naturales en algodónero, en dos zonas del Tolima. Rev. Col. Ent. 20(1):15-22.

Wille, J. 1952. Entomología agrícola del Perú. Junta de sanidad vegetal, Ministerio de Agricultura.

Fascículo 3.9

Los Nematodos en la producción de semilla de papa

Alberto González \ Javier Franco

Introducción

Las enfermedades ocasionadas por los nematodos fitoparásitos juegan un papel vital en la producción del cultivo de papa y de manera especial en la sanidad de los tubérculos destinados a la producción de tubérculos-semillas.

Los daños ocasionados por estos organismos frecuentemente se ignoraron o se atribuyeron a otras causas como la fertilización inadecuada, el escaso contenido de humedad o el agotamiento del suelo. La razón es que los fitonematodos pasan desapercibidos porque no son visibles a simple vista y por la falta de expresión específica de los síntomas que ocasionan. Esta situación ha permitido que se diseminen fácilmente en tubérculos-semillas u otros órganos de propagación, lo que dificulta su erradicación cuando ya se han establecido en un campo.

La importancia de los nematodos parásitos de plantas es aún mayor porque a menudo desempeñan un papel gravitante en la interacción con otros agentes patógenos de la papa (virus, bacterias, etc.) ocasionando enfermedades complejas y afectando la resistencia de las plantas a otros organismos

fitopatógenos. Toda esta situación compleja amerita los conocimientos necesarios sobre los principales nematodos parásitos de la papa, a fin de orientar adecuadamente las medidas de control hacia la producción de tubérculos-semillas de calidad.

Se han determinado más de 64 especies de nematodos en el cultivo de la papa, pero sólo algunas son importantes por los daños que causan. Estos daños pueden ocasionar pérdidas directas en la producción y en la calidad de los tubérculos para semilla o para consumo; causan también pérdidas indirectas que resultan de los gastos adicionales que se tienen que efectuar en las medidas de control (rotaciones prolongadas, alto costo de nematicidas, aumento de la incidencia de la marchitez causada por hongos, bacterias, etc.) y cuarentenas (nacionales o internacionales).

A continuación se describen algunos aspectos importantes del nematodo quiste de la papa (NQP), nematodo del nódulo de la raíz (NNR) y falso nematodo del nódulo de la raíz (FNNR), que son los mayores problemas del cultivo de papa y una amenaza potencial para los agricultores que la cultivan.

NEMATODO QUISTE DE LA PAPA (*Globodera* spp.)

El NQP es un factor limitante muy importante en las zonas templadas del mundo dedicadas al cultivo de papa; afecta los rendimientos, eleva los costos de producción y ocasiona la escasez del tubérculo.

Las pérdidas ocasionadas por este parásito son difíciles de estimar y varían con el grado de infestación del terreno, la población del nematodo, la variedad de papa cultivada y las condiciones del medio ambiente. En todo caso, se considera que las pérdidas pueden ser del 13 al 58% de la producción en los países andinos.

El NQP tiene una gama de hospedantes restringida dentro de las Solanáceas y puede sobrevivir en los campos de cultivo por muchos años. Los quistes son las estructuras de supervivencia que le permiten permanecer viable por muchos años y que incrementan o disminuyen en densidad, de acuerdo con la frecuencia de los cultivos susceptibles de papa o de las plantas voluntarias que permanecen después de la cosecha. Estas características hacen que la importancia económica del NQP sea cada vez mayor debido a que, aun integrando modalidades de control, no se logra eliminarlos completamente de los campos de cultivo de papa.

Especies.

El NQP tiene dos especies: *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*, con diferencias bien definidas entre ellas. Las hembras de *G. rostochiensis* pasan por una prolongada fase de color amarillo dorado, por lo cual se le da también el nombre de nematodo dorado de la papa. Las hembras de *G. pallida* en cambio muestran variaciones de color blanco y crema. Cuando las hembras maduran son de color marrón y se convierten en quistes, que son estructuras generalmente esféricas (0.5 mm de diámetro) de color marrón, que protegen a los huevos que se encuentran dentro de ellas. A esta característica se debe su nombre de nematodo quiste de la papa. Otras diferencias entre las dos especies son la configuración de la región oral y el estilete del segundo estado juvenil (J2), así como la configuración de la cutícula en la región ano-vulva de los quistes.

En el Perú se han identificado seis razas de *G. pallida* (P₁A a P₆A) y tres razas de *G. rostochiensis* (R₁A a R₃A). *G. pallida* está ampliamente distribuida en la zona Andina y *G. rostochiensis* alrededor del Lago Titicaca. Muchas zonas que producen tubérculos-semillas de papa están infestadas por alguna de estas especies y en algunos casos las dos pueden estar juntas. Sin embargo, aún es posible encontrar áreas libres de estos fitoparásitos, las cuales se deben proteger con semillas de calidad libres de nematodos.

Distribución.

Las dos especies del NQP se originaron en la zona andina de América del Sur y coevolucionaron con su hospedante preferido, las subespecies de *Solanum tuberosum*, de tal forma que en la actualidad el parásito se halla bien establecido y es un problema endémico en todos los lugares donde está presente.

Probablemente la papa haya sido cultivada en los valles interandinos por miles de años e introducida a Europa entre 1850 y 1900, y con ella los NQP. *G. rostochiensis* se ha citado en Venezuela, *G. pallida* en Colombia y Ecuador y ambas especies se han encontrado en Perú, Bolivia y Chile. La situación de Argentina es aún discutible. En la actualidad, luego de ciertos cambios en su distribución, es *G. rostochiensis* la que aún predomina en Europa y en otros países del mundo, en los cuales ha sido introducida por el flujo constante de tubérculos-semillas desde Europa.

Síntomas y daños.

En bajas densidades el NQP no causa síntomas aéreos visibles y puede permanecer por años en el suelo sin que se detecte su presencia. Si se continúa con el cultivo de papa en el mismo campo (monocultivo), es posible observar un crecimiento retardado en manchas o parches en uno o más puntos del campo, que se agrandan cada año. Cuando las densidades son altas se observan síntomas parecidos a los que causa la deficiencia de agua o nutrientes: reducción del crecimiento, amarillamiento, tendencia al marchitamiento durante las horas más calurosas y secas del día, reducción de la masa radicular y finalmente reducción del número y peso de los tubérculos. Un examen cuidadoso de las raíces revela la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden entre 0.5 y 1.0 mm de diámetro de color blanco (*G. pallida*), amarillo (*G. rostochiensis*) o marrón (quistes). Si no se observan estos cuerpos esféricos, no quiere decir que el nematodo no se encuentre en el campo, dado que puede estar en bajas densidades y sólo en muy pocas plantas.

Cuando los campos dedicados a la producción de tubérculos-semilla de papa están infestados, los tubérculos pueden quedar contaminados con los quistes y de esta forma llevados de un lugar a otro. Los quistes no tienen movimiento propio y no están dentro de los tubérculos, pero se trasladan a grandes distancias en la tierra adherida a los tubérculos, maquinaria agrícola, suelo agrícola y en los sacos o envases destinados al transporte de tubérculos. Métodos modernos de transporte y producción de semilla de papa en los países desarrollados indican que tubérculo y nematodo se han movilizad juntos a grandes distancias.

El Reglamento de Semillas y el NQP.

Los reglamentos de certificación de semillas de cada país determinan los límites de tolerancia para las enfermedades y plagas. En el caso del Perú, el Reglamento Específico de la Semilla de Papa vigente (Septiembre, 1987) no indica ningún factor de tolerancia en ninguna categoría de semilla. Esto se debe

posiblemente a que el NQP está ampliamente difundido en las zonas productoras y es difícil determinar su tolerancia. En otros países como Chile, Costa Rica, Bolivia, Argentina, por indicar algunos, se han tomado las medidas necesarias para evitar su diseminación y, según sus reglamentos, no permiten la presencia de esta plaga en sus campos de producción de las diferentes categorías de tubérculos-semillas. Si la plaga se encuentra en los semilleros, éstos serán inhabilitados para este propósito y sólo serán rehabilitados cuando se demuestre la ausencia del parásito por análisis de laboratorio. El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ha emitido algunos lineamientos para la producción de semilla certificada de papa basados principalmente en el NQP, porque es el problema clave de ese país; está prohibida la producción de tubérculos-semillas en suelos donde el nivel de infestación supera a los 10 huevos o J2/cc de suelo. El IDIAP ofrece la posibilidad de llevar a cabo este análisis de laboratorio.

Los niveles de tolerancia pueden variar de un país a otro y para cada categoría de semillas. En todo caso, los campos de papa se deben proteger con un programa de manejo integrado y usando tubérculos-semillas sin NQP o con el nivel más bajo posible.

Manejo Integrado del NQP.

El uso de cultivares resistentes, cultivares susceptibles y tolerantes, así como la rotación con cultivos no hospedantes, constituyen las piezas fundamentales sobre las que debe marchar el manejo integrado del NQP. El uso racional de las variedades resistentes, complementado con otras alternativas de manejo como la remoción del suelo, sanidad de los tubérculos-semillas, la eliminación de plantas voluntarias, la aplicación de enmiendas orgánicas y productos químicos, contribuirán a mejorar los rendimientos.

En diversos países europeos y en Estados Unidos, se cuenta desde hace aproximadamente 20 años con variedades de papa resistentes a la raza R₁A de *G. rostochiensis* que han sido usadas en forma amplia e indiscriminada. Por otro lado, aun cuando se conocen ciertas variedades con resistencia parcial a diversas razas o patotipos de *G. pallida*, la identificación e incorporación de resistencia es más difícil como consecuencia de su naturaleza poligénica y por la existencia de poblaciones genéticamente complejas o no homogéneas. En la actualidad, en el Perú se cuenta con "María Huanca", cultivar resistente a las razas P₄A y P₅A de *G. pallida* y también con un gran número de clones avanzados (G84131.12, 281415.3, 281334.4, etc.) que están siendo probados a nivel nacional para confirmar su resistencia en condiciones de campo. Con los cultivares resistentes se busca evitar las pérdidas y disminuir la población del nematodo, lo que en muchos casos equivale a algunos años de rotación.

Los cultivos tolerantes evitan la selección de razas agresivas y permiten obtener buenos rendimientos en campos que por su nivel de infestación no los podrían lograr con otros cultivares de papa. Se ha observado en el Perú que los clones 281415-3, G81422-6, 281334-4 y los cultivares Yungay, Renacimiento y últimamente Canchán-INIA, K'ori-INIA y Amarilis-INIA son tolerantes al NQP. Muchos de los clones avanzados con resistencia horizontal al tizón tardío tienen tolerancia al NQP y constituyen la pieza fundamental para el manejo de las densidades poblacionales y la selección de razas agresivas.

Se dispone de muchas alternativas de rotación, ya que el nematodo quiste solamente ataca tres cultivos comerciales (papa, berenjena y tomate). Algunos cultivos andinos que forman parte de los sistemas agrícolas tradicionales como la quinua (*Chenopodium quinoa*), el tarwi (*Lupinus mutabilis*), el maíz (*Zea*

mays), las habas (*Vicia faba*), el ulluco (*Ullucus tuberosus*), la avena (*Avena albus*) y la cebada (*Hordeum vulgare*) ofrecen las mejores opciones en el manejo integrado del NQP. Esto confirma el empleo de los cultivos andinos en los sistemas de rotación en los que tradicionalmente el agricultor andino del Perú cultivaba papa cada siete años. La siembra de maíz, olluco y habas durante dos campañas para luego sembrar papa permite buen rendimiento, buena rentabilidad económica y una mayor tasa marginal de retorno de este cultivo. Ultimamente se ha intensificado el monocultivo debido a la poca rentabilidad de otros cultivos y se ha incrementado el minifundio, favoreciendo así el aumento de plagas y enfermedades.

En el campo del manejo agronómico, operaciones como la remoción profunda del suelo permiten exponer las capas inferiores de suelo al calor y a la desecación y recibir la radiación solar. La remoción profunda del suelo es más efectiva en climas tropicales (cálidos) que en templados y se complementa muy bien con períodos de descanso del suelo. La eliminación de plantas voluntarias después de un cultivo de papa es una práctica imprescindible que se debe aplicar para que las rotaciones con cultivos no hospedantes o el descanso de los terrenos sean efectivos. El empleo de variedades precoces de papa, junto con la siembra cuando las temperaturas mínimas del suelo no son favorables para el desarrollo de *G. rostochiensis*, han permitido al cultivo escapar del ataque inicial de este nematodo e interrumpir el desarrollo del nematodo con una cosecha temprana. Asimismo, la siembra de papa en diferentes períodos del año ha mostrado efectos marcados sobre la multiplicación de *G. rostochiensis*.

El estiércol de ave (gallinaza) y vacuno constituyen la fuente de materia orgánica con mayores posibilidades para incrementar el rendimiento de los tubérculos de papa en cultivares susceptibles como «Revolución» y tolerantes como «Yungay», pero elevan la tasa de multiplicación del nematodo. En los cultivares resistentes como «María Huanca», las enmiendas orgánicas tienen poco efecto en la elevación de los rendimientos pero reducen la reproducción de *G. pallida*. El estiércol de gallina debe aplicarse antes o al momento de la siembra y como mínimo 10 t/ha. Normalmente la incorporación de enmiendas orgánicas al suelo y la descomposición de sus componentes contribuyen al buen desarrollo de la planta y en consecuencia a tolerar el ataque del nematodo. Asimismo, la enmienda orgánica contribuye a la producción de compuestos tóxicos y proporciona las condiciones adecuadas para el desarrollo de nematodos predadores y microorganismos que, de alguna forma, tienen un efecto biocontrolador sobre los nematodos. Algunas enmiendas como la quitina pueden facilitar el desarrollo de una microflora antagónica capaz de degradar estos polímeros y en consecuencia destruir la capa quitinolítica de los huevos de *Meloidogyne*, *Globodera* y *Heterodera*.

Los fertilizantes inorgánicos (úrea, sulfato de amonio) proporcionan a la planta un efecto de «tolerancia inducida» que permite un mayor desarrollo radicular, eleva los rendimientos y favorece la multiplicación del nematodo. En las variedades resistentes, la aplicación adicional de los niveles de NPK tiene efecto parecido al mencionado para la aplicación de enmiendas orgánicas.

Los nematicidas del grupo de los organocarbamatos, especialmente Aldicarb y Oxamyl, han demostrado que mejoran los rendimientos del cultivo de papa en campos infestados con *Globodera* spp., aun cuando no son completamente efectivos para reducir la densidad del nematodo en el campo. No es recomendable abusar de esta medida ni usar el mismo producto.

NEMATODO DEL NODULO DE LA RAIZ (*Meloidogyne* spp.)

Meloidogyne spp. es considerada una especie cosmopolita, establecida tanto en ambientes tropicales como templados y con menor frecuencia en climas fríos. A nivel mundial es una plaga muy importante del cultivo de papa y de una amplia gama de hospedantes que, asociada con otros patógenos, ocasiona enfermedades complejas.

La temperatura del suelo juega un papel importante en su actividad parasítica y por ende en la producción de papa. En las regiones templadas del mundo, los nematodos noduladores no fueron reconocidos como un problema severo de la producción. Sin embargo, la incorporación del cultivo hacia regiones tropicales ha cambiado drásticamente la situación. En estas condiciones, el incremento de la población del nematodo es mucho más rápido, la gama de hospedantes es más amplia y se asocia con otros patógenos; la diseminación a través de los tubérculos-semillas se ve tremendamente favorecida.

Especies.

Se han identificado por lo menos 36 especies del género *Meloidogyne* que probablemente constituyan una fracción del total de especies. Se conocen la mayor parte de las especies de importancia económica y el orden que se les asigna de acuerdo a su distribución y el daño que ocasionan es: *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. arenaria*. Sin embargo, en años recientes se viene incrementando la presencia y los daños que ocasiona en climas fríos la especie *M. chitwoodii*, por lo que se debe considerar como un problema potencial de la zona andina.

La morfología, citología, caracteres bioquímicos y rango de hospedantes son los criterios que se emplean para identificar las cuatro especies indicadas. En la morfología se ha encontrado que los patrones perineales son bastante variables, pero en la cabeza del macho parecen encontrarse los caracteres más útiles para identificar las especies. La morfología del estilete de las hembras también puede ser usada, si los especímenes están en posición lateral exacta. Estos caracteres son claramente observados bajo el microscopio electrónico de barrido, pero también bajo el microscopio compuesto. Los caracteres citogenéticos más importantes son: el modo de reproducción, el proceso de maduración de los oocitos y el número cromosómico. Bioquímicamente, se han encontrado pequeñas diferencias en lípidos y ácidos grasos de las hembras de diferentes especies; los patrones de esterasas por electroforesis en gel de poliacrilamida y la tinción con acetato de alfanafil también son útiles para identificar las cuatro especies más comunes.

Distribución.

No se conoce el lugar de origen de las especies de *Meloidogyne*. Su distribución es tan amplia que es difícil distinguir entre las especies originadas en una región y las especies importadas, adaptadas a un clima determinado y aquellas especies importadas capaces de sobrevivir solamente por pocos meses o años. *M. hapla* parece ser aún la especie más común en climas fríos y en América Latina se la encuentra a los 40° de latitud sur y en algunos puntos de los Andes. En la zona tropical *M. incognita* y *M. javanica*, son las especies más comunes. La segunda especie raramente se encuentra sobre los 30° N y 35° S de latitud y su frecuencia es mayor hacia el Ecuador. *M. arenaria* se encuentra ampliamente distribuida en las mismas

regiones. De esta manera, la faja entre los 35° S y 35° N de latitud está ampliamente infestada por tres especies de *Meloidogyne*.

Síntomas y daños.

Las plantas de papa atacadas por los nematodos noduladores de la raíz difícilmente muestran síntomas aéreos típicos. Es muy común, sin embargo, observar nódulos de diferente tamaño en las raíces, que afectan el rendimiento porque disminuyen la eficiencia radicular. Los nematodos noduladores además predisponen a las plantas a enfermedades complejas producidas por hongos (*Fusarium*, *Verticillium*, etc.) y bacterias (*Pseudomonas solanacearum*). En algunos casos son también responsables de los cambios en la susceptibilidad de las plantas a estos patógenos.

Cuando el cultivo de papa desarrolla en campos altamente infestados y las condiciones del medio ambiente son favorables, los nematodos infectan los tubérculos y desarrollan agallas que le dan apariencia verrucosa. A la cosecha se observan lesiones que pueden tener apariencia de ampollas o pequeñas hinchazones que contienen las hembras del nematodo. La infección en los tubérculos no está afectada por el tamaño y la edad de la planta o del tubérculo. Las primeras generaciones infectan las raíces y las posteriores los tubérculos. La profundidad de la penetración de los juveniles a los tubérculos varía y la infección muy profunda generalmente muestra más síntomas internos que agallas externas. Los tubérculos con agallas carecen de valor comercial, no son aptos para semillas ni para el consumo doméstico o procesamiento comercial debido a que se pudren rápidamente, sobre todo en climas tropicales.

El Reglamento de Semillas y el NNR.

A pesar que el NNR es una plaga de amplia distribución, muchos de los países en desarrollo no mencionan en sus reglamentos de semillas los límites de tolerancia permisibles para ella. En el Perú la producción de tubérculos-semillas se realiza en las zonas altas de la Sierra y se destina a la producción de papa consumo en la Costa. En la Sierra del Perú no se encuentran las especies importantes y no habría por lo tanto el riesgo de contaminación y diseminación de esta plaga. En muchos casos se ha llevado tubérculos de las zonas bajas, posiblemente contaminadas, a las zonas altas pero las condiciones del medio ambiente no han permitido su reproducción. En el Perú no se han reportado aquellas especies que sí podrían desarrollarse en zonas frías (*M. hapla*, *M. chitwoodi*). El reglamento de semillas de Chile indica que el NNR no debe estar presente en los tubérculos-semillas de las categorías prebásica y básica, pero acepta hasta el 1% de tolerancia en la semilla certificada (C3). En Costa Rica las Normas Específicas de Semillas exigen 0% de tolerancia en los tubérculos y descartan los semilleros y su producción si los servicios de diagnóstico detectan esta plaga en sus campos o en los tubérculos cosechados.

Manejo Integrado.

El manejo integrado del NNR combina las siguientes medidas alternativas de control:

Control cultural o agronómico. Se considera que la aplicación adecuada de materia orgánica, abonos nitrogenados que contengan amonio (efecto de nematicidas), así como el suministro adicional de fósforo y potasio permitirán una mejor defensa de la planta. Además, se deben eliminar las malezas que se encuentran en el campo porque muchas de éstas son hospedantes del parásito. De otro lado, se recomienda usar tubérculos-semillas sanos que procedan de campos no infestados.

Control físico. Se está usando la radiación solar (solarización) como fuente de energía para eliminar nematodos de áreas pequeñas o en el suelo que se usará en camas de almácigos destinadas a la producción de semilla prebásica. Asimismo, el tratamiento del tubérculo-semilla por inmersión en agua caliente (46 a 47.5°C por 120 minutos) elimina completamente a estos nematodos.

Dentro de las medidas de control biológico se pueden emplear plantas tóxicas (*Tagetes patula*, *Asparagus officinalis*, *Chrysanthemum spp.* y *Ricinus communis*), plantas trampa (*Crotalaria spectabilis*) y agentes biocontroladores (*Paecilomyces lilacinus*). En campos altamente infestados se recomienda la rotación del cultivo de papa con gramíneas (tres años), brocoli, col, alcachofa o fresas.

El control químico, aunque es efectivo y ampliamente usado, es a menudo difícil y peligroso para el personal novicio. Estos productos (Aldicarb, Dazomet, Carbofuran, Oxamyl, Fenamifos, etc.) por su alto costo deben ser correctamente aplicados y bajo condiciones ambientales adecuadas. A fin de proteger los tubérculos-semillas de esta plaga, se recomienda tratarlos con Fenamifos (2.0 % de i.a. de Namacur EC por 30 segundos), como medida sanitaria para evitar el uso de material infestado.

Cada medida por sí sola presenta ventajas que deben ser integradas para incrementar su efectividad. La mejor combinación permitirá desarrollar un manejo adecuado de las poblaciones de nematodos y resguardar los factores de productividad de los suelos para una mayor y eficiente producción de papa.

FALSO NEMATODO DEL NODULO DE LA RAIZ (*Nacobbus aberrans*)

El complejo de las formas especiales de este nematodo constituye uno de los mayores obstáculos a la producción de papa en Bolivia y la región Sur del Perú. La infestación de los campos se incrementa cada año y las pérdidas que ocasiona en el cultivo de papa pueden alcanzar del 11% al 62% de la producción en los países andinos.

El FNNR adquiere importancia en la producción de papa, gracias a un conjunto de atributos que le permiten sobrevivir. El nematodo tiene una amplia gama de hospedantes, que incluye a 17 familias con 69 especies cultivadas, a excepción de las gramíneas. Se disemina fácilmente en tubérculos-semillas de papa y su amplia gama de hospedantes, que comprende numerosas malezas nativas predominantes en los sistemas agrícolas andinos, permiten su multiplicación y prolongada permanencia en los suelos donde es introducido. Sus mecanismos de supervivencia están relacionados con las masas de huevos que se encuentran adheridas a residuos orgánicos de las raíces en descomposición de diversos hospederos, que le permiten, soportar condiciones adversas como temperaturas bajas (-13°C) y condiciones de desecación, en ausencia de sus hospedantes. Estudios efectuados en campos de comunidades campesinas, que no han modificado sus costumbres ancestrales de rotación de cultivos y períodos de descanso, han confirmado que después de 20 años sin cultivo de papa se produjo un ataque severo de *N. aberrans*. Estas características determinan la importancia económica y social de esta plaga en el cultivo de papa que representa, después de *Globodera spp.*, uno de los principales problemas fitopatológicos de nuestra región andina.

Especies.

Antes de 1970, el género *Nacobbus* consistía de las especies *N. aberrans*, *N. batatiformis*, *N. serendipiticus* y una subespecie, *N. serendipiticus bolivianus*. Posteriormente, se realizó una revisión del género *Nacobbus* Thorne y Allen, y no se determinó diferencias morfológicas entre las especies, por lo que se les consideró como una sola especie llamada *N. aberrans*.

Ultimamente se han estudiado poblaciones del Perú, Bolivia, Argentina, Ecuador y México de acuerdo con su morfología, número cromosómico, patrones electroforéticos de algunas isoenzimas (esterasa Alfa) así como proteínas totales y rango de hospedantes. Se han empleado diferentes especies vegetales para separar poblaciones, tanto de ambientes cálidos como de templados, pero no se identificaron razas o poblaciones agresivas dentro del cultivo de papa. Este hecho se debió posiblemente a la falta de genotipos de papa con resistencia a *N. aberrans*. Bolivia cuenta con el cultivar de papa Gendarme (*Solanum tuberosum* ssp. *andígena*), que se comportó como resistente a las poblaciones de *N. aberrans* ensayadas en los experimentos, pero al ser evaluado en otras localidades se comportó como susceptible. Estos resultados que indican la existencia de razas de *N. aberrans* dentro del cultivo papa, serán confirmados por la evaluación de cultivares nativos que han sido identificados también como resistentes (*S. tuberosum* ssp. *andígena*, *S. stenotomum*, *S. x ajanhuiri*, *S. x juzepzukii*) y será posible desarrollar un esquema de razas de *N. aberrans* en papa, como el que se ha desarrollado para *Globodera* spp.

Distribución.

La información sobre la distribución del FNNR no es completa, pero se tienen evidencias de su presencia en Argentina, Chile, Ecuador, Perú y México. También se ha mencionado esporádicamente en invernaderos en Holanda e Inglaterra, así como en campos en Rusia e India. Por lo general desarrolla en ambientes fríos y entre los 1,500 y 4,000 m de altitud, pero también puede desarrollar en zonas cálidas (20-25°C). Por su amplia distribución y gran variabilidad genética en la zona andina del Perú y Bolivia, se especula que el falso nematodo del nódulo de la raíz de la papa es nativo de esta región.

Síntomas y daños.

No hay un diagnóstico específico de los daños que causa este nematodo en el follaje, ya que éstos pueden ser confundidos con la falta de turgencia en la planta, evidenciada por un marchitamiento que bien podría deberse a la poca humedad del suelo. Además un reducido desarrollo de la planta se podría deber a una deficiencia de nutrientes o a un pobre crecimiento radicular como respuesta a problemas físicos del suelo.

Las raíces infectadas con *N. aberrans* muestran una ligera lesión marrón en todos los hospedantes y a menudo sólo desarrollan raíces primarias y secundarias debido a que la invasión de los J2 causan la muerte de las raíces más pequeñas. Los J2 pueden estimular la formación de agallas en betarraga y causan ligeras hinchazones en tomate.

Los síntomas que se presentan son nódulos redondeados y dispuestos lateralmente a lo largo de las raíces. El tamaño de estos nódulos o agallas dependerá tanto del tamaño de la raíz como de la raza del patógeno y de su densidad poblacional en el suelo.

En las raíces de papa, los nódulos son al principio largos, separados entre sí y siempre contienen hembras adultas. Las infecciones posteriores incrementan el número de agallas que se juntan dando la apariencia de

un rosario. Esto es muy característico en *Nacobbus* y por ello se ha propuesto asignarle el nombre común de «nematodo de la raíz rosario».

El número de agallas por planta se incrementa considerablemente al inicio de la formación de los tubérculos; este daño en las raíces reduce el rendimiento de los tubérculos. Muchas veces el FNNR se encuentra asociado con *Globodera*.

Si los campos dedicados a la producción de semilla están infestados, los tubérculos quedan contaminados con todos los estadios de desarrollo, pero son más frecuentes los J2 y las hembras adultas vermiformes. En las cosechas se pueden encontrar en tubérculos y estolones J2, J3, J4, hembras adultas vermiformes y ocasionalmente hembras globosas adultas que desarrollan muy poco pero constituyen un medio de diseminación. Los nematodos están a una profundidad de 0.5 mm debajo de la superficie del tubérculo y cerca a las lenticelas, donde se pueden encontrar de 1 a más de 20 individuos. El tamaño y la edad de los tubérculos no influyen en la penetración de los nematodos. Su presencia no se nota y por lo tanto no desmejora el aspecto de los tubérculos los cuales se convierten en una importante fuente de diseminación del nematodo. Esto se confirma por la experiencia en *N. aberrans*, que se encuentra ampliamente diseminado en los campos comunales, como resultado del empleo de tubérculos-semillas producidos en sus propios campos infestados.

El Reglamento de Semillas y el FNNR.

El FNNR se disemina fácilmente por el tubérculo-semilla y tiene gran potencial para adaptarse a los ambientes fríos; por lo tanto, es importante en el proceso de producción de semilla.

En el Reglamento Específico de Semillas del Perú, al igual que en los casos anteriores, no se indican los límites de tolerancia permisibles en el proceso de certificación. En Bolivia, donde la plaga es endémica y ampliamente distribuida, no permiten su presencia (tolerancia 0) en campos destinados a la producción de tubérculos-semillas en todas sus categorías.

Considerando estas características, el Perú debería revisar e incluir esta plaga en el Reglamento de Semillas a fin de orientar las medidas adecuadas de sanidad dentro de un programa de manejo integrado.

Manejo Integrado.

Debido a la habilidad de este nematodo para sobrevivir bajo condiciones adversas (sequía, frío, etc.) el barbecho o descanso del terreno de cultivo no es muy efectivo.

La incorporación de diversos niveles de N, P, K y ciertos microelementos (Mg, Mn, Ca) al momento de la siembra, estimula lo que se define como una "inducción" de la tolerancia, que tanto para *Globodera spp.* como para *N. aberrans*, permite elevar los rendimientos, pero acompañados de altas tasas de multiplicación del nematodo. De igual forma, se han observado incrementos en los rendimientos después de la incorporación de gallinaza (7-10 t/ha) antes de o al momento de la siembra, dependiendo de su estado de madurez, para evitar los efectos fitotóxicos ocasionales. En cuanto al empleo de abonos verdes, se viene estudiando la incorporación de *Vicia faba* en las poblaciones de *N. aberrans*, aún cuando la incorporación de *V. villosa* o *Chrysanthemum cinerariaefolium* sólo favorecieron los rendimientos.

La rotación de cultivos se complica aún más por la menor disponibilidad de cultivos alternativos, ya que otros cultivos andinos comunes en el ecosistema son también huéspedes favorables. Sin embargo, la rotación con cultivos no hospedantes (maíz, frijol, lechuga, arveja, trigo y cebada) es la que da mejores resultados y se ve favorecida por las posibilidades de su cultivo y su valor económico.

Tanto en Bolivia como en Argentina se han determinado cultivares nativos de papa (*S. tuberosum* ssp. *andigena*, *S. stenotomum*, *S. ajanhuiri*, *S. x juzepczukii* y otros) que han mostrado resistencia a *N. aberrans* y es indispensable su incorporación en programas de mejoramiento para disponer de material resistente en aquellas áreas de la región andina que lo requieran. El uso de la variedad Gendarme es uno de los pilares del manejo integrado de *Nacobbus aberrans*. Esta variedad seleccionada del germoplasma de papa boliviano a través de diferentes campañas se considera como parcialmente resistente al ataque de *N. aberrans*. Si bien Gendarme tiene ventajas en cuanto a rendimiento, cuando es sembrada en campos con infestación alta de nematodos, no se conoce su real potencial agronómico cuando se emplea semilla de alta calidad en su producción.

El empleo de nematicidas (fumigantes, líquidos y otros) y nemastáticos (carbamatos y organofosforados granulados y líquidos) ha sido ampliamente investigado y sobre todo, algunos de estos últimos se están usando porque incrementan los rendimientos y en algunos casos aún reducen la tasa de multiplicación del nematodo. Este efecto de los productos granulados sobre la severidad del ataque de *N. aberrans* (índice de nodulación) no ha sido tan efectivo, aunque se observó un incremento en los rendimientos, esencialmente con productos formulados en base a carbofuran. Por otro lado, como una medida para prevenir la diseminación de *N. aberrans* por el uso de tubérculos-semillas infectados, en la actualidad se obtienen resultados prometedores con la inmersión de los tubérculos-semillas en compuestos nematicidas e insecticidas líquidos (Mocap 75% y Nema-cur 40EC a la dosis de 1.5 a 2.0 de i.a.) o extractos de aceites esenciales de ciertas plantas aromáticas, por períodos de 5 a 10 minutos. Aún persisten ciertos problemas con respecto a la mejor época de inmersión y riesgos de toxicidad vegetal y humana.

El establecimiento de diversas regulaciones fitosanitarias como cuarentenas, normas de sanidad vegetal y programas de certificación de semilla, juega un importante papel en la prevención y control de esta enfermedad. Es muy común el intercambio libre o el contrabando de tubérculos entre las fronteras de países vecinos, que en cierta medida reflejan la escasa difusión que se hace a la ciudadanía para advertir sobre los peligros y riesgos que representan estas prácticas de intercambio.

La amplia distribución en la mayoría de las áreas paperas de Bolivia, el sur del Perú y el noroeste argentino hace poco factible la aplicación de esta medida legal, particularmente cuando la economía de estos agricultores descansa en el cultivo de la papa. Ante esta situación es imprescindible la protección de aquellas áreas que aún se encuentran libres de estos fitoparásitos y establecer o hacer cumplir rigurosamente las normas dictadas para la producción de tubérculos-semillas.

Bibliografía

Arcos, J. 1990. *Nacobbus aberrans*, métodos e inoculación. Interacción con *Globodera pallida*. Tesis. Universidad Nacional Agraria, La Molina, Lima, Perú. 77 p.

Bascope, J.B. y B. López. 1987. Ensayo preliminar para el control químico de *Nacobbus* sp. en la zona de Chaqueli. En: Control Integrado de Plagas. Cochabamba, Bolivia. p.7-10.

Brodie, B.B. y W.F. Mai. 1989. Control of the golden nematode in the United States. Annual Review of Phytopathology 27: 443-461.

Doucet, M.E. y J.A. Di-Rienzo. 1991. El género *Nacobbus* Thorne y Allen 1944 en Argentina. 3. Caracterización morfológica y morfométrica de poblaciones de *N. aberrans* (Thorne, 1935) Thorne y Allen, 1944. Nematropica 21:19-35.

Evans, K. 1983. Interactions between *Globodera pallida*, *G. rostochiensis* and *Verticillium dahliae* on four potato cultivars. Nematologica 28:143-144.

Evans, K. y B.B. Brodie. 1980. The origin and distribution of the golden nematode and its potential in the USA. Amer. Pot. J. 57:79-89.

Evans, K., J. Franco y M.M. de Scurrah. 1975. Distribution of species of potato cyst-nematodes in South America. Nematológica 21:365-369.

Franco, J. 1994. Problemas de nematodos en la producción de papa en climas templados de la región andina. Nematropica 24: 179-195.

Franco, J., A. González y A. Matos. 1993. Manejo Integrado del Nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. Centro Internacional de la Papa (CIP). Programa de Investigación en Papa (PROINPA). 172 p.

Franco, J., R. Montecinos y N. Ortuño. 1992. *Nacobbus aberrans*, nematodo fitoparásito del cultivo de la papa en Bolivia; Desarrollo de una estrategia para su manejo integrado. Revista de Agricultura No. 2:11-22.

González, A. y J. Franco. 1993. Manual de técnicas y métodos para estudios del nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. Centro Internacional de la Papa (CIP). Programa de Investigación en Papa (PROINPA). 99 p.

Griffin, G.D. 1985. Host-parasite relationship of *Meloidogyne chitwoodi* on potato. J. Nematol. 17:395-399.

La Rosa, D.G. y P. Jatala. 1977. Profundidad de penetración de *Nacobbus aberrans* en tubérculos de papa. Nematropica 7(2)11.

combination with subthreshold populations of *Verticillium dahliae*, on disease symptomology and yield of potato. *Phytopathology* 80:482-486.

Montalvo, R. 1992. Interacción de *Nacobbus aberrans* y *Synchytrium endobioticum* en dos variedades de papa. Tesis Ing. Agron. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.

Ortuño, N., J. Franco y R. Oros. 1995. Nematodos en la producción de semilla de papa en Bolivia. XVII Reunión ALAP. Mérida, Venezuela. p.68.

Santo, G.S. y J.H. O'Bannon. 1981. Effect of soil temperature on the pathogenicity and reproduction of *Meloidogyne chitwoodi* and *M.hapla* on Russet Burbank potato. *J. Nematol.* 13:483-486.

Fascículo 4.2

Cultivo de Tejidos para la Eliminación de Patógenos con fines de Producción de Semilla de Papa

Ana Panta, Ali Golmirzaie

Introducción

Los patógenos vegetales, tales como nematodos, hongos, bacterias, micoplasmas, virus y viroides pueden ser transmitidos de plantas enfermas y plantas sanas de papa. Sin embargo, no todas las células resultan infectadas;

los tejidos meristemáticos se encuentran algunas veces libres de patógenos por lo que es posible recobrar plantas no infectadas mediante técnicas de cultivo de meristemas in vitro, y lograr su crecimiento como plantas sanas.

La termoterapia, tratamiento de las plantas y temperaturas altas, también se aplica en la erradicación de virus. Desde hace muchos años se utiliza con éxito en la erradicación de virus de claveles, geranios, fresas y cítricos; para ella, las plantas son tratadas y temperaturas altas bajo condiciones de invernadero o cámara de crecimiento. Actualmente el método estándar para erradicar virus en muchos cultivos propagados vegetativamente es la termoterapia combinada con el cultivo de meristemas.

Este documento describe los métodos que pueden aplicarse para eliminar los patógenos del material infectado y producir plantas “libres de patógenos, para la distribución internacional y propagación en programas de producción de semillas de papa.

Naturaleza de los Patógenos

Los patógenos que afectan y la papa pueden ser transmitidos de plantas enfermas y plantas sanas por vectores y través de la semilla. El tamaño relativo de estos patógenos varía mucho. Entre los patógenos vegetales los nematodos son los más grandes y pueden ser observados fácilmente con un microscopio estereoscópico. Los virus y viroides son los más pequeños y se requiere de la ayuda de un microscopio electrónico para su observación.

La ocurrencia de una enfermedad no sólo depende de la presencia del huésped, sino también de las condiciones ambientales, especialmente la humedad y la temperatura que juegan un papel importante en el desarrollo de una enfermedad. La enfermedad, por tanto, puede definirse como el producto de y interacción del huésped, el patógeno y el ambiente.

La distribución de los diferentes patógenos dentro de y planta enferma varía también mucho. Por ejemplo, *Pseudomonas solanacearum*, el virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) y los micoplasmas están restringidos al tejido vascular de una planta; *Erwinia carotovora* y el virus X de la papa (PVX), invaden tanto el tejido vascular como el resto de los tejidos de la planta.

No todas las células en una planta enferma llegan y ser infectadas con patógenos. Los tejidos meristemáticos de la raíz y brotes terminales de una planta infectada están, algunas veces, libres de ellos. En algunas ocasiones, tal como sucede en la papa con el PVX y el TRV (Tobacco Rattle Virus), solamente la cúpula y los primeros primordios foliares se encuentran libres de virus. Se desconoce la razón exacta de este problema; sin embargo, se cree que uno ó más de los siguientes factores podrían ser responsables de ello:

- **Alta actividad metabólica:** Los virus se multiplican acompañando el curso del metabolismo del huésped. Debido a la gran actividad metabólica en las células meristemáticas del huésped, los virus no pueden tomar el control de la maquinaria biosintética del mismo.
- **Carencia de tejido vascular:** Los virus se diseminan rápidamente y través del sistema vascular. Los virus que se ubican tan solo en el floema (PLRV) no pueden invadir los tejidos meristemáticos debido a la ausencia de diferenciación celular. En esta zona meristemática, los virus que infectan los tejidos no vasculares se diseminan de célula y célula y través de los conductos intercelulares (plasmodesmos). Este es un proceso lento por lo que resulta relativamente difícil que los virus infecten en su totalidad y las células que vienen dividiéndose rápidamente.
- **Alta concentración de auxinas:** Los tejidos meristemáticos de las plantas tienen una concentración

más alta de auxinas que los tejidos de otras partes de las mismas. Algunos autores indican que estas auxinas inhiben y multiplicación de los virus.

Termoterapia

Experimentos llevados y cabo con huéspedes y sus virus han demostrado que el tratamiento de plantas con temperaturas elevadas (termoterapia) lleva y una reducción en la concentración del virus en la planta (Kassanis, 1957; Quak, 1977). Se han dado diferentes explicaciones para este fenómeno. Posiblemente no es solo una, sino una combinación de ellas la responsable de y reducción en la concentración de virus. Entre estas explicaciones está la de la competencia entre las células del huésped que se encuentran en proceso de rápida división y las partículas del virus por lugares de síntesis de ácidos nucleicos y proteínas lo cual puede llevar y un cambio en el balance entre la síntesis y degradación de las partículas del virus. Otra es y del ácido nucleico del virus, portador de su información genética, este está protegido del ataque de enzimas degradantes por una cubierta compuesta de muchas subunidades de proteína. A altas temperaturas, la unión entre estas subunidades se vuelve más débil, se pueden abrir aberturas temporales, y permitir el ataque de las nucleasas, lo que inactive al virus y disminuye la concentración del mismo.

La termoterapia ha sido aplicada y tubérculos de papa en reposo. Se ha observado una reducción en la concentración de virus, especialmente del virus del enrollamiento de la hoja (PLRV), habiéndose logrado eliminación total de este virus, tan solo utilizando termoterapia.

La termoterapia aplicada y la planta entera, al igual que y aplicada y tubérculos ya brotados, seguida por cultivo de meristemas, ha sido exitosamente utilizada para la eliminación de muchos virus de y papa (Stace-Smith y Mellor, 1970; Pennazio y Redolfi, 1973).

En el procedimiento estándar empleado en el CIP, los mejores resultados se han obtenido cuando la planta es decapitada antes de ser tratada por termoterapia, y las yemas axilares se encuentran creciendo mientras reciben el tratamiento de calor. Un régimen de temperatura diurna de 36°C por 16 horas, y 30°C por 8 horas. baja luz continua de alta intensidad (10000 lux = 108 mEm-2s-1) mejoró las tasas de eliminación de virus. Las plantas son mantenidas bajo estas condiciones por cuatro semanas. Meristemas, tanto de las yemas axilares, como de las yemas apicales, son aisladas y cultivadas como se muestra más adelante.

La termoterapia antes descrita se puede aplicar y plántulas in vitro. Nudos (20 nudos/caja) con una yema se colocan en cajas de plástico (Magenta GA-7) que contienen medio semisólido de propagación (Espinoza, et al., 1991). Las cajas se incuban bajo las condiciones antes reportadas (Espinoza, et al. 1991). Las cajas son selladas con cinta adhesiva cuando las plantas alcanzan aproximadamente 3 cm de altura y presentan un buen sistema radicular, sometiéndolas luego al tratamiento de termoterapia antes mencionado. Al cabo de un mes, los meristemas apicales se aíslan y siembran en un medio de cultivo apropiado.

Cultivo de Meristemas

Debido y que los tejidos meristemáticos algunas veces se encuentran libres de patógenos, es posible recobrar plantas no infectadas mediante técnicas de cultivo de meristemas in vitro, y mantenerlos hasta

obtener plantas adultas sanas.

El cultivo de meristemas incluye un proceso de esterilización de superficie, la escisión y aislamiento del meristema, y su cultivo en un medio bajo condiciones adecuadas. Cuando el material vegetal proviene de *in vitro* no es necesaria la esterilización de superficie.

1. Esterilización de superficie. Es necesaria esterilizar y superficie del material vegetal en caso esté, contaminada con patógenos y saprofitas dada que algunas de las contaminantes crecen rápidamente y pueden matar al tejido y órgano (explante) de la planta sembrada en un medio de cultivo.

La mayoría de las contaminantes de la superficie del tejido, pueden ser eliminados del material vegetal utilizando un agente esterilizador apropiada. Bajo condiciones asépticas, la solución esterilizadora normalmente se aplica por 10-15 minutos, ésta es eliminada y el material vegetal lavado por agitación en agua destilada estéril 3 o 4 veces durante 5 minutos cada vez. El lavado es muy importante para eliminar el exceso del agente esterilizador el cual puede inhibir el crecimiento de la planta.

Alcohol (etanol). Es un agente esterilizador común de la superficie para eliminar bacterias y hongos. y frecuentemente es utilizada para un lavado breve (30') antes de aplicar otros tratamientos de esterilización de superficie. Tiene una baja tensión superficial por la cual puede penetrar fácilmente entre las pilosidades foliares y mojar la superficie de la planta. Etanol de 70% es más efectiva como agente esterilizador que el de 95-100%.

Hipoclorito de sodio o de calcio. La superficie del material vegetal también puede ser esterilizada con soluciones acuosas de hipoclorito de sodio (NaOCl) y de hipoclorito de calcio (CaOCl). La sal de calcio es preferida porque es menos fitotóxica. Muchos laboratorios utilizan lejía (hipoclorito de sodio) de uso doméstico tal como el Clorox. Estas productos comerciales contienen normalmente 5,25% de NaOCl como producto activo. Cuando se diluye con agua (1 parte de lejía 9 partes de agua), la solución esterilizadora resultante debe contener no menos de 0,5% de NaOCl.

Debido a la disociación completa, el hipoclorito tiene una actividad relativamente baja y un pH superior a 8,0 y es más efectiva fijando la solución y alrededor de pH 6,0.

La superficie del tejido recientemente desecado y sumergido completamente en la solución de hipoclorito (de Ca o Na), queda esterilizada después de una exposición de 10-15 minutos. Luego del tratamiento con hipoclorito, el material tratado debe ser lavado cuidadosamente con varios cambios de agua destilada, para eliminar completamente el desinfectante.

Bicloruro de mercurio. El bicloruro de mercurio ($HgCl_2$) ha sido utilizado como desinfectante pese a que es extremadamente tóxica. La solución de bicloruro de mercurio es volátil y a temperatura ambiente y puede provocar un envenenamiento por mercurio. Por lo tanto: no recomendamos su uso como agente esterilizador!

Bactericidas y fungicidas. Para material altamente contaminado, se recomiendan el lavado en una mezcla

comercial bactericida / fungicida antes de proceder a la esterilización de su superficie. Debe recordarse, sin embargo, que este tratamiento no tiene efecto sobre infecciones sistémicas.

2. Aislamiento y cultivo de meristemas. El meristema es el punto activo de crecimiento del ápice de la planta. Es una zona pequeña compuesta de células (meristemáticas) dividiéndose rápidamente.

El domo de la yema apical contiene las verdaderas células meristemáticas y está rodeada por primordios foliares y hojas primarias. Debido a que los

tejidos vasculares más diferenciados se encuentran alejados de los meristemas (hacia los tejidos más viejos del tallo), los elementos vasculares de los primordios foliares son incipientes, y no han hecho aún contacto con la parte principal del sistema vascular en el tallo. Por lo tanto, las partículas de virus que puedan estar presentes en el sistema vascular, pueden llegar a la zona meristemática del ápice sólo moviéndose lentamente de célula en

célula. Esta es una de las razones principales del porqué, en una planta infectada la concentración de los virus disminuye desde la base hacia los meristemas tanto del ápice como de las yemas axilares.

El aislamiento del punto meristemático en condiciones asépticas y su cultivo en un medio nutritivo aséptico, permite el desarrollo de plántulas. El desarrollo del meristema en condiciones in vitro se lleva a cabo en forma similar al que se realiza en una planta normal. Las células del meristema se dividen y continúa la diferenciación de tejidos nuevos. La nutrición de los tejidos de la sección disecada es proporcionada por el medio artificial. La disección aséptica del meristema es un proceso delicado y requiere muchas horas de práctica.

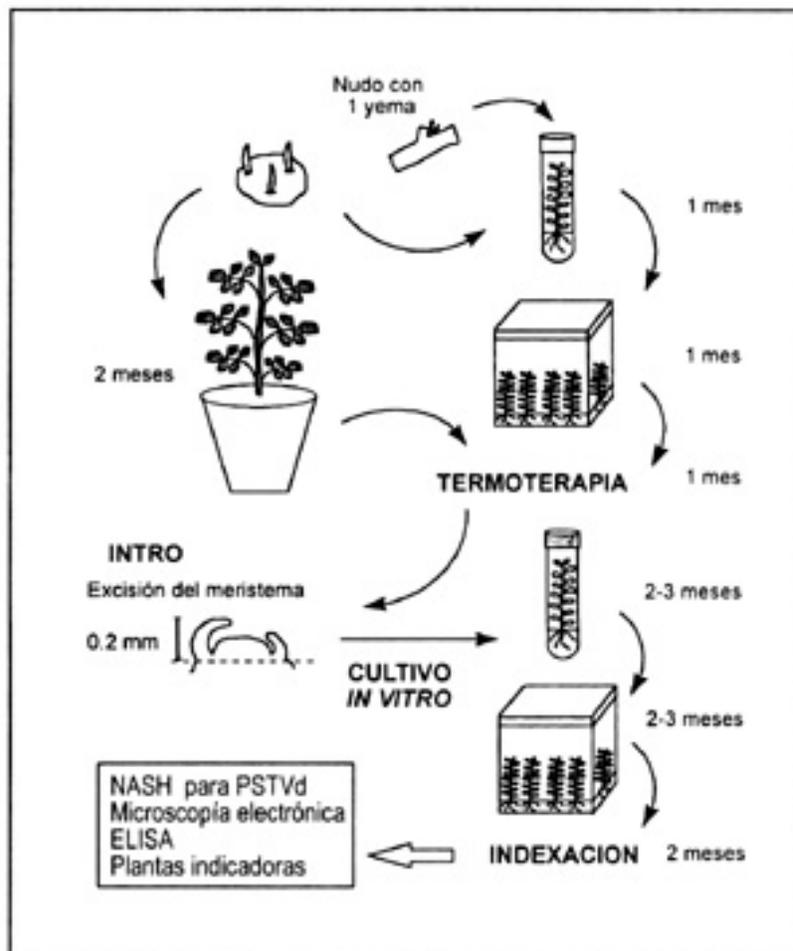


Figura 1 Representación esquemática del proceso de erradicación de virus que se realiza en el Centro Internacional de la papa.

3. Escisión de meristemas:

Bajo un microscopio binocular de disección, se eliminan las hojuelas que rodean el punto de crecimiento hasta que solamente quede la cúpula de la yema apical y unos cuantos primordios foliares (generalmente dos).

4. Cultivo del meristemas:

La cúpula y dos primordios foliares se disecan y transfieren a! medio de cultivo de meristemas. El meristema diseccionado se transfiere semanalmente a medio fresco. Después de 6-8 semanas de cultivo se obtienen plántulas, las cuales deben ser micro propagadas para su indexación.

El medio de cultivo utilizado para este trabajo esta basado en las sales de Murashige y Skoog (1962) y

suplementado con 2 mg/L de glicina, 0.5 mg/L de ácido nicotínico 0.5 mg/L de piridoxina, 0.4 mg/L de tiamina, 0.1 mg/L de ácido giberélico, 0.04 mg/L de kinetina y 2.5 % de sacarosa. El medio es gelificado con agar (0.6%) y se esteriliza en autoclave a 15 lb de presión, 12100, durante 15 minutos.

5. Pruebas de indexación:

Las plantas desarrolladas a partir de meristemas, son probadas para detectar cualquier infección persistente de virus. En el CIP las pruebas que se realizan son: NASH para la detección de PSTVd, prueba serológica de ELISA y prueba de plantas indicadoras (International Potato Center, 1993). La búsqueda de partículas virales mediante el microscopio electrónico se realiza en forma opcional. Todas estas pruebas se pueden realizar en un periodo de 2 meses.

Usa de Antibióticos

En cultivo de tejidos vegetales, los antibióticos solo son empleados cuando los microorganismos no pueden ser eliminados por otros métodos. Estos compuestos son caros y no existe ninguno que será efectivo para controlar todos los organismos contaminantes. Antes de decidir utilizar antibióticos se recomienda eliminar todas las posibles fuentes de contaminación (Reed and Tanprasert, 1995).

Las siguientes combinaciones de antibióticos se han aplicado con éxito en cultivo de tejidos de plantas: Cefotaxime, Gentamicina, Rifampicina, Nystatina + Carbenicilina, Gentamicina + Amphotericina B, Vancomicina HCl + Mycostatin and Streptomycin + Carbenicilina. Existen reportes de toxicidad causada en algunos cultivos por: Penicilina, Estreptomycin, Bactericina y Sparsomicina (Lizárraga et al., 1991).

En el dR las infecciones con bacterias y levaduras pueden ser eliminadas satisfactoriamente. Para ella los productos antibióticos son añadidos al medio de cultivo a las concentraciones que se indican a continuación. Para bacterias se utiliza Rifampicina (Rimactan 300-) a una concentración de 60 mg/L, 0 Cefotaxime sódica (Claforan) 200 mg/L. Cefotaxime (Mefoxin) también puede ser utilizado a la concentración de 200 mg/L. Cuando la infección es con levaduras se añade al medio de cultivo 0.25 a 0.5 mg/L. de Amphotericin B.

Bibliografía

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Cultivo de tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones. Roca, W. M. y Mroginski, L. A. (eds.) Cali, Colombia. p. xii, 970.

Espinoza, N.; Lizarraga, R.; Siguenas, C.; Buitrón, F.; Dodds, J.H. 1991. Cultivo de tejidos: Micro propagación, conservación y exportación de germoplasma de papa. Guía de investigación CIP 1. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 19 p.

Griffiths, H.M., S.A. Slack and J. H. Dodds. 1990. Effect of chemical and heat therapy on virus

concentrations in vitro potato plantlets. *Can. J. Bot.* 68: 1515-1521.

Kassanis, B. 1957. The use of tissue culture to produce virus free clones from infected potato varieties. *Annals of Applied Biology* 45: 422-427.

International Potato Center (CIP). 1993. Basic techniques in plant virology. Jayashinge, U., Salazar, L. F. (eds.). CIP Lima. (Technical Training Unit 1).

Lizarraga, R., A. Panta, U. Jayashinge, y J.H. Dodds. 1991. Tissue culture for elimination of pathogens. DIP Research Guide 3. International Potato Center (CIP), Lima, Perú.

Lizárraga, R.E.; Salazar, L.F.; Roca, W.H.; Schilde-Rentscheler, L. 1980. Elimination of potato spindle tuber viroid by low temperature and meristem culture. *Phytopathology* 70: 754-755.

Lizárraga, R.E.; Salazar, L.F. 1962. Effect of meristem size on eradication of potato spindle tuber viroid. pp. 118-119. In Hooker, W.J. (ed.). *Research for the potato in the year 2000*. International Potato Center, Lima, Peru. 199 pp.

Mellor, F. C. and R. Stace-Smith. 1977. Virus -free potatoes by tissue culture. In: *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*; edited by J. Reinert and Y.P.S. Bajaj. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York. pp. 6 16-635.

Morel, G.M.; Martin, C. 1952. Guérison de dahlias atteints d'une maladie virus. *Comptes rendus hebdomadaire des séances de l'Académie des Sciences, Paris.* 235: 1324-1325.

Murashige, T.; Skoog, F.C. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum* 15: 473-497.

Fascículo 4.3

Producción de Semilla Prebásica y Básica usando Métodos de Multiplicación Acelerada

Oscar A Hidalgo / José L Marca / Ladislao Palomino

Introducción

La producción de tubérculos-semillas de papa debe iniciarse con material de la más alta calidad sanitaria. Es necesario, por tanto, disponer de núcleos iniciales generados de plantas in vitro o de plantas que provengan de un programa de multiplicación clonal. A partir de estas plantas o de sus descendientes se pueden producir muchas más por medio de la multiplicación acelerada. Lo importante, en todo caso, es aumentar la tasa de multiplicación de los materiales.

Los métodos de multiplicación acelerada se han usado en los programas de semilla desde los inicios de los años 80 y se han popularizado tanto que en la actualidad forman parte integral de los programas de semilla.

Es muy importante iniciar la multiplicación con material de la más alta sanidad posible, evitar el uso de materiales contaminados con algún agente patogénico y asegurarse de que los materiales correspondan a la variedad en proceso de multiplicación. También es necesario seleccionar clones con alto potencial de rendimiento.

Para producir materiales de la más alta sanidad, la semilla prebásica se produce en ambientes confinados que evitan la entrada de vectores y aíslan el ambiente.

En este documento se incluyen todas las técnicas de multiplicación acelerada usadas en la producción de semilla prebásica en ambientes confinados con o sin mallas anti-áfidos. Los productos de esta formas de multiplicación acelerada se usan también en el campo para producir semilla básica.

Invernaderos y Substratos

Las instalaciones requeridas para la multiplicación acelerada de papa pueden incluir áreas totalmente cubiertas con malla anti-áfidos o áreas aisladas con acceso restringido. También se pueden usar, cuando las condiciones ambientales lo indiquen, ambientes más cerrados con temperatura y luz controladas, por ejemplo, en un invernadero. Lo importante en todos los casos es que los ambientes estén limpios.

En el fascículo S 4.4-97 de este Manual se dan todos los detalles para la construcción de tinglados o cobertizos con malla anti-áfidos para las condiciones de Sierra en los Andes. Las camas de los cobertizos que se usan para la producción de tubérculos, se usan también con fines de multiplicación acelerada para el enraizamiento de los esquejes. Los esquejes enraizados son llevados a las camas para generar plantas madres para la producción de tubérculos 0 al campo para la producción de semilla básica.

Al igual que en el invernadero, se debe prestar mucha atención al sombreado y ventilación, así como al control de temperatura y humedad. Como práctica general, al inicio del verano, al exterior de los invernaderos sobre las láminas de fibra de vidrio se aplica una capa delgada de lechada de cal o pintura vinílica blanca, para evitar la elevación excesiva de la temperatura dentro del invernadero.

Las camas de multiplicación en los invernaderos deben instalarse con una buena distribución de los pasillos o caminos para el máximo aprovechamiento del espacio. Por la regular, los pasillos deben tener suficiente ancho para permitir el paso de una carretilla y las camas deben ser angostas, de modo que se pueda llegar al centro de éstas por cualquier lado.

En todos los invernaderos es necesario usar medios adecuados para facilitar el movimiento e intercambio del aire a fin de ayudar a controlar la temperatura y la humedad.

Preparación de substratos

Hay diversos substratos y mezclas que se usan en la multiplicación acelerada de papa para la siembra de semilla botánica, enraizamiento de esquejes, plantación de plántulas y tuberculillos in vitro, esquejes a tubérculos procedentes de invernadero en macetas a camas de almácigos. Para obtener buenos resultados el substrato debe reunir las siguientes características:

- Debe tener suficiente firmeza y densidad para mantener las plantas en su lugar durante el cultivo.

- Su volumen no debe variar mucho cuando está seco a mojado; no es conveniente que el sustrato reduzca excesivamente su volumen cuando se seca.
- Debe retener suficiente humedad para evitar los riegos frecuentes.
- Debe ser lo suficientemente poroso, de modo que se escurra el exceso de agua y permita una aireación adecuada.
- Debe estar libre de malezas, nematodos y otros organismos patógenos no cultivables.
- No debe tener un nivel excesivo de salinidad.
- Debe ser esterilizado con vapor de agua y productos químicos; no debe tener efectos nocivos en las plantas.

Muchos cultivares de papa enraízan con facilidad en una gran diversidad de sustratos. El sustrato puede influir no solo en el porcentaje de enraizamiento, sino también en la calidad del sistema radicular.

Las combinaciones de suelo, arena y musgo por la general dan mejores resultados que cualquiera de ellos solo salvo casos especiales como el enraizamiento de esquejes, en los que se usa sólo arena. Para determinar la mejor mezcla para macetas y camas, es aconsejable experimentar con las plantas en las condiciones ambientales en que se va a trabajar.

Suelo

Un suelo está formado por materiales sólidos, líquidos y gaseosos. Para que las plantas tengan un crecimiento satisfactorio, estos elementos deben combinarse en el suelo en proporciones adecuadas. La textura del suelo depende de las proporciones relativas de arena, limo y arcilla. Un suelo franco arenoso y bien aireado es preferible a un suelo arcilloso pesado. El suelo de las macetas o camas debe estar libre de nematodos, hongos y otros patógenos. Las combinaciones con otros materiales dependerán del tipo de suelo. De preferencia estas mezclas deben tratarse con calor o fumigarse antes de usarlas.

Arena

Está formada por pequeños granulos de piedra de 0.05-2.0 mm de diámetro que se originan por la intemperización de diversas rocas; su composición mineral depende de la roca madre. En la multiplicación acelerada de papa generalmente se emplea arena de cuarzo de 0.5-2.0 mm de diámetro, que es en forma predominante un complejo de sílice. La arena de grado más satisfactorio para el enraizamiento de los esquejes es la que se usa en albañilería para enlucidos. La arena es más usada en los sustratos para enraizamiento. Se debe lavar muy bien, fumigar o tratar con calor antes de usarla, ya que puede contener semillas de malezas u hongos patógenos. La arena virtualmente no contiene nutrientes minerales y no tiene capacidad amortiguadora (buffer) respecto a las sustancias químicas.

Musgo

El musgo comercial está constituido por los restos deshidratados de plantas de los pantanos ácidos del género *Sphagnum*, como *S. papillosum*, *S. capillaceum* y *S. palustre*. Los residuos de estas plantas usualmente están libres de patógenos, son de poco peso y tienen una gran capacidad de retención de agua; puede absorber unas 10 a 20 veces su peso. Para mezclar este material con suelo y arena por lo general se despedaza a mano o por medios mecánicos. El musgo con frecuencia se añade a la arena en proporciones diversas para aumentar la capacidad de retención de agua de la mezcla. Esta combinación es un buen sustrato para la siembra de semillas sexuales, plántulas y tubérculos semillas de la mayoría de los cultivares de papa.

Mezclas de suelo para macetas y camas

Los suelos limosos solos por lo general no son satisfactorios para el enraizamiento de esquejes. Con frecuencia son pesados, con aireación deficiente, tienen poca capacidad para retener el agua y tienden a volverse pegajosos al regarlos. No conviene usarlos solos por que cuando se secan forman una superficie dura y agrietada y se separan de los lados del recipiente; al volver a regar, el agua corre por la parte interior de la maceta y sale por el agujero de drenaje en vez de mojar el suelo.

Para obtener mezclas de suelo de mejor textura para macetas o camas, a veces se añade arena a la tierra y algo de materia orgánica en forma de musgo o residuos de hojas. Cuando se hacen estas mezclas se debe cernir la tierra para uniformarle y eliminar los grumos grandes. Si los materiales están muy secos se humedecen ligeramente. Esto se aplica en particular al musgo, el cual, mezclado en seco, absorbe muy lentamente la humedad. Sin embargo, la tierra no debe quedar mojada y pegajosa. Para hacer la mezcla, los diversos materiales se disponen en una pila y se mezclan con una pala. En las operaciones en gran escala se usa una mezcladora para concreto, o una desmenuzadora de tierra. La mezcla de sustratos para macetas o camas de almácigos más usada se compone de 1 parte de suelo, 2 de musgo fino y 1 de arena; otra mezcla usada con frecuencia es 1 parte de suelo, 3 partes de musgo y 1 de arena.

Desinfestación del sustrato de siembra

El suelo puede contener semillas de malezas, nematodos y ciertos hongos y bacterias nocivas que afectan las plantas, los esquejes o los tubérculos producidos. La costra negra o "chupadera", causada por *Rhizoctonia solani*, es una enfermedad muy común en los almácigos de muchas plantas. Para evitar las pérdidas ocasionadas por ésta y otras enfermedades similares es recomendable desinfectar el sustrato o la mezcla de suelo, antes de sembrar los propágulos de papa. Para evitar la recontaminación del suelo desinfectado, es necesario emplear plantas libres de patógenos. Para ello los tubérculos-semillas se tratan con fungicidas: se desinfectan las macetas, camas, mesas de invernadero, depósitos de tierra, herramienta y observar una limpieza general. Las herramientas se desinfectan remojándolas en una solución de hipoclorito de calcio al 10%. Las vasijas y el sustrato se desinfectan con vapor de agua y fumigantes químicos.

a. Tratamiento con calor.

El tratamiento con vapor de agua es rápido, fácil, económico y no es peligroso ni para el hombre ni para las plantas. El calor húmedo es ventajoso: puede ser aplicado directamente al suelo, a los depósitos cubiertos, o a las camas desde tubos perforados colocados de 15-20 cm debajo de la superficie. El suelo debe estar húmedo a fin de facilitar la acción del vapor de agua. La recomendación estándar es tratar el suelo a una temperatura de 820 C por 30 minutos. Este tratamiento elimine casi todas las especies de hongos, bacterias, nematodos, insectos dañinos o benéficos y la mayoría de semillas de malezas. Para desinfectar substratos con vapor, en el CIP se use menor temperatura (70 C) también por 30 minutos. Con esta temperatura se logre eliminar a los patógenos y preservar los microorganismos saprofitos antagónicos que reducen la probabilidad de colonización por organismos patógenos. Usar temperaturas más altas (85 C) cause problemas de fitotoxicidad debido a la liberación de manganeso o sales tóxicas del suelo.

b. Tratamiento con fumigantes

La fumigación con productos químicos elimina los organismos del suelo sin alterar su naturaleza física y química. Después de la fumigación química hay un aumento en la producción de amoníaco debido a la supresión de organismos antagónicos a las bacterias amonificadoras. El suelo debe estar húmedo y a una temperatura de 18 a 24 C.

Bromuro de metilo (Bromomethane)

Este producto es inodoro, muy volátil y sumamente tóxico para las personas; debe ser usado solo a la intemperie y por personal entrenado; nunca debe usarse en lugares cerrados. El bromuro de metilo elimina la mayoría de los nematodos, insectos, semillas de malezas y algunos hongos. Se inyectan 2 a 3 lb. del producto por m³ de substrato. El producto viene envasado en latas o en botellas de metal. El producto sale a presión y cubre el suelo localizado generalmente en una poza construida con paredes de ladrillo y revestida con cemento. Los bordes de la cubierta, que puede ser metálica o de plástico grueso (en el substrato se deben hacer orificios para facilitar el movimiento del gas) y se sellan con suelo húmedo o arena. El producto debe actuar por 72 horas antes de destapar y airear la poza.. Al término del tratamiento, destapar la poza y dejar ventilar el substrato por otras 72 horas; después de este tiempo ya se puede usar.

Vapam (Dihidrato n-metilditiocarbamato sódico)

Este es un fumigante soluble en agua que elimina malezas, la mayor parte de los hongos del suelo y, en condiciones apropiadas, también actúa contra los nematodos. Se descompone rápidamente para producir un gas muy penetrante. El Vapam se asperja en la superficie del suelo por medio de los sistemas de riego o con un equipo estándar para inyectar el suelo. Para fumigar almácigos se usa 0.95 L de Vapam líquido en 7.6 a 11.3 L de agua y se asperja uniformemente sobre 9.3 m² de suelo. Después el Vapam se sella con más agua o pasando un rodillo. El substrato puede ser usado dos semanas después del tratamiento. Aunque el Vapam es relativamente tóxico para el hombre, se debe tener cuidado de no inhalar los vapores y evitar el contacto de la solución con la piel.

Soluciones fungicidas

Algunos fungicidas se pueden aplicar antes o después de la siembra para evitar el efecto de los hongos como *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., *Fusarium* sp. Al usar estas sustancias es muy importante seguir las instrucciones del fabricante.

PCNB (pentacloronitrobenceno)

Es un fungicida específico para *Rhizoctonia*. Es casi insoluble en agua y tiene una acción residual larga; permanece efectivo de 6 a 12 meses. El PCNB se asperja en la superficie del suelo. La dosis recomendada para papa es 14 Kg. por ha. Es Mejor aplicarlo al suelo antes de la siembra.

Basamid-G (dazomet 98%)

Es un desinfectante de suelos granulado, eficaz contra nematodos, hongos, insectos del suelo, malezas y sus semillas. El Basamid debe ser esparcido a mano, uniformemente, sobre la superficie del suelo. Es conveniente usar guantes y betas de goma. Entre la aplicación del producto y la siembra de los tubérculos u otros propágulos, debe transcurrir aproximadamente un mes. La dosis recomendada para el cultivo de papa es 400 kg/ha. Para pequeñas cantidades de sustrato se recomienda usar 200 a 250 g/m³ de producto. El suelo o sustrato debe mantenerse húmedo (B0-90% de la capacidad de campo) durante el tratamiento.

Trasplante de Plántulas In Vitro al sustrato

Las plántulas de papa propagadas in vitro crecen en un medio nutritivo sintético en un ambiente aséptico. El cultivo aséptico asegura la producción de mini tubérculos libres de patógenos en camas con sustrato desinfectado. El trasplante debe hacerse cuando las plántulas enraizadas tienen cuatro o cinco folíolos y un tamaño suficiente para ser manipuladas. Las plántulas deben transplantarse en forma espaciada en las camas, macetas o recipientes similares. Las plántulas se extraen con cuidado usando pinzas para facilitar su salida del tubo de prueba, magenta o frasco. Con mucho cuidado se separa cada planta, lavando o no el exceso de agar o sustrato que cede planta lleva adherido. Las plántulas se siembran a una densidad de 20 a 100 plantas por m². En hoyos de 3 a 4 cm de profundidad se introducen las plántulas con sus raíces de modo que cubran 2-3 nudos bajo el suelo. Los 2/3 de la plántula deben quedar inmersos en el suelo. Luego se presiona con firmeza el suelo alrededor de las plántulas para favorecer un buen contacto del suelo y la raíz. En los primeros días, mientras las plántulas se adaptan a su nuevo ambiente, se debe mantener el ambiente sombreado y fresco para evitar la deshidratación de las plántulas.

Inmediatamente después del trasplante, se acostumbra hacer un riego ligero usando una solución de Benlate (el 0.1) Los días siguientes los riegos deben ser ligeros y frecuentes. Cuando las plántulas están bien enraizadas, se debe regar las camas ligeramente con agua corriente con un bajo contenido de sales; en caso contrario se debe usar agua desmineralizada. Cuando las raíces se encuentren ya establecidas, se puede disolver nutrientes suplementarios en el agua de riego. Una vez que las plántulas se establezcan, se puede disolver un fertilizante en el agua de riego. En la Unidad de Semilla del CIP se usa 5 g de NPK de fórmula 9-45-15 por litro de agua. Se aplican 50 ml por planta o maceta de 25 cm de diámetro.

Técnicas de Multiplicación Acelerada

Las técnicas de multiplicación acelerada de papa están asociadas con la producción de semilla prebásica y básica: la tasa de multiplicación es mayor a la convencional. Por esta razón se aprovecha al máximo tanto el área foliar como los tubérculos. El propósito es alcanzar altos índices de multiplicación, conservando la calidad sanitaria del material generado. Además, sirven para renovar los programas de semillas y actualmente son parte integral de los programas de semilla. Asimismo, cuando se identifica una variedad con ciertos atributos deseables, se pueden usar estas técnicas para incrementar el número de tubérculos-semillas en corto tiempo.

Las técnicas de multiplicación acelerada exigen mucha mano de obra y algunas veces equipos e instalaciones especiales tales como invernaderos a prueba de insectos. Estas instalaciones, sin embargo, pueden ser mucho más sencillas y prácticas cuando se adaptan a la realidad y a las condiciones locales. Estas técnicas incrementan el costo de la semilla, pero este efecto se contrarresta porque se obtiene una mayor cantidad de semilla por el menor número de multiplicaciones en el campo, mayor sanidad y, además, se mantiene la identidad genética en el campo y el almacén.

Al iniciar un sistema de multiplicación acelerada es esencial determinar cuáles son las mejores técnicas para satisfacer las condiciones locales incluyendo clima, variedades, tasas de multiplicación que se espera obtener, instalaciones, substratos y tipo de desinfección, fertilización, defensa contra la radiación solar, vientos, heladas, lluvias, insectos, etc.

Para poner en práctica de todas las técnicas de multiplicación acelerada, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El empleo de uno o más métodos de multiplicación acelerada se justifica

cuando se trabaja con material probado para patógenos. Esto garantizará la sanidad de los materiales producidos.

- Es importante conocer el comportamiento fisiológico de las variedades y su capacidad de multiplicación.
- Se deben aplicar estrictamente las normas de asepsia para prevenir la diseminación de enfermedades.
- Es conveniente contar con personal capacitado para realizar los trabajos.
- Es importante ubicar las plantas madres en un lugar seguro y accesible (invernadero), protegidas de insectos, fuertes vientos o lluvias, granizo, alta radiación solar, daños por roedores u otros animales, etc.

Integración de Métodos

En la Figura 1 se incluyen las principales alternativas, en forma integrada, de los métodos de multiplicación acelerada para la producción de semilla prebásica. Entre ellas están la multiplicación in vitro y el trasplante en camas, los esquejes de tallo juvenil, especialmente cuando se trata de plantas a tubérculos producidos in vitro, los esquejes de tallo lateral y los esquejes de tallo adulto. En esta figura se incluyen también los esquejes de brote. Todos estos métodos producen plántulas a esquejes enraizados que pueden llevarse al campo para la producción de semilla básica. Lo más común, sin embargo, es sembrar estos materiales en camas de invernadero para producir semilla prebásica.

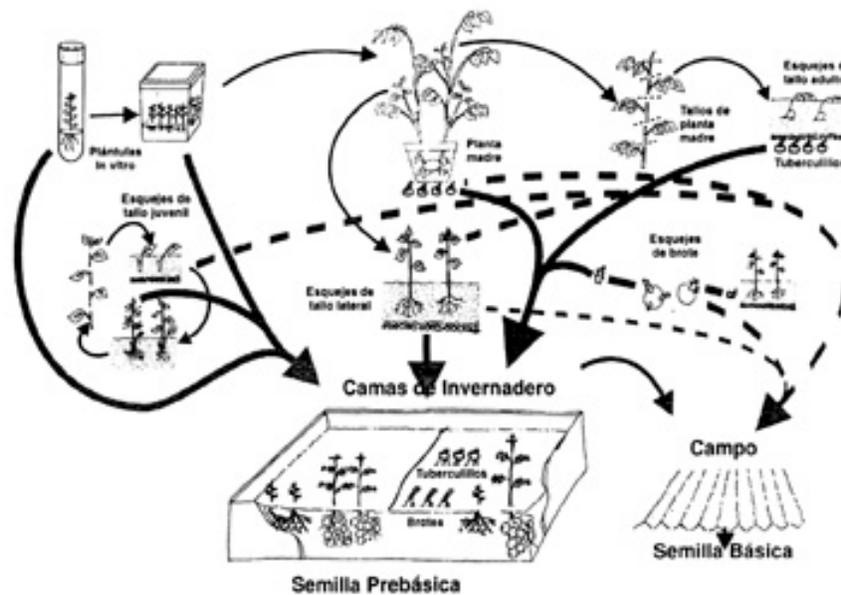


Figura 1 Integración de técnicas de multiplicación acelerada para la producción de semilla prebásica y básica de papa

A continuación se describen todas las técnicas de multiplicación acelerada conocidas, enfatizando dos de las más usadas: esquejes de tallo juvenil y esquejes de tallo lateral.

Esquejes de tallo juvenil

La multiplicación por esquejes de tallo juvenil se inicia con plantas fisiológicamente jóvenes que provienen principalmente de plántulas o tubérculos in vitro; el origen de la planta madre puede ser, sin embargo, cualquier otro esqueje. Entre 20 y 30 días después de la siembra de la planta madre y cuando ésta cuenta con 5 a 8 hojas simples, cede planta es seccionada en esquejes, cada uno de los cuales contiene una hoja y un nudo. La planta madre mantiene el nudo basal de donde brotará un nuevo tallo que nuevamente podrá ser seccionado para una segunda cosecha de plántulas. Las secciones o esquejes de cede planta se plantan en una cama de enraizamiento y luego se trasplantan a la cama definitiva para la producción de tubérculos. Los esquejes pueden convertirse también en nuevas plantas madres. Los cortes deben hacerse con todas las medidas de asepsia conocidas, tanto del operario como de los instrumentos.

Para realizar los cortes se usa una cuchilla, hoja de afeitador o bisturí debidamente desinfectado en una solución jabonosa (10%) y otra de hipoclorito de calcio (10%). Después de cada corte la navaja debe ser desinfectada y el operario debe lavarse las manos con agua y jabón. El corte de los esquejes de cada planta se hace a 5 mm sobre la hoja basal, sin dañar la yema axilar que servirá para propiciar el nuevo brotamiento de la planta madre; el corte debe ser limpio y perpendicular al tallo sin dañar la hoja. Se pueden realizar entre dos y ocho cosechas sucesivas (Figure 2).

Cada tallo seccionado es luego segmentado en porciones de nudos con una hoja y una yema axilar. El número de esquejes que se pueden obtener por planta varía de 5 a 10 según la variedad; en número de esquejes aumentará en las siguientes cosechas (Figura 3). Los esquejes con yema apical se deben sembrar juntos, pues éstos estarán listos para el trasplante varios días antes que los esquejes con yema axilar. Los cortes en las cosechas posteriores son similares. Para asegurar el enraizamiento de los esquejes se recomienda aplicar una hormona de enraizamiento. Comercialmente se consiguen formulaciones de hormonas líquidas y en polvo, las cuales den buenos resultados con casi todas las variedades. Debe escogerse, sin embargo, sólo aquellas recomendadas para maderas blandas. Algunas fórmulas comerciales contienen también fungicidas. La hormona en polvo que se usa comúnmente es Rootone: se aplica espolvoreando el corte y 1 cm de tallo. La hormona líquida que se usa en la Unidad de Semilla del CIP está hecha con base en una mezcla de auxinas que serán descritas luego. Se aplica remojando la base de los esquejes por 4-5 segundos.

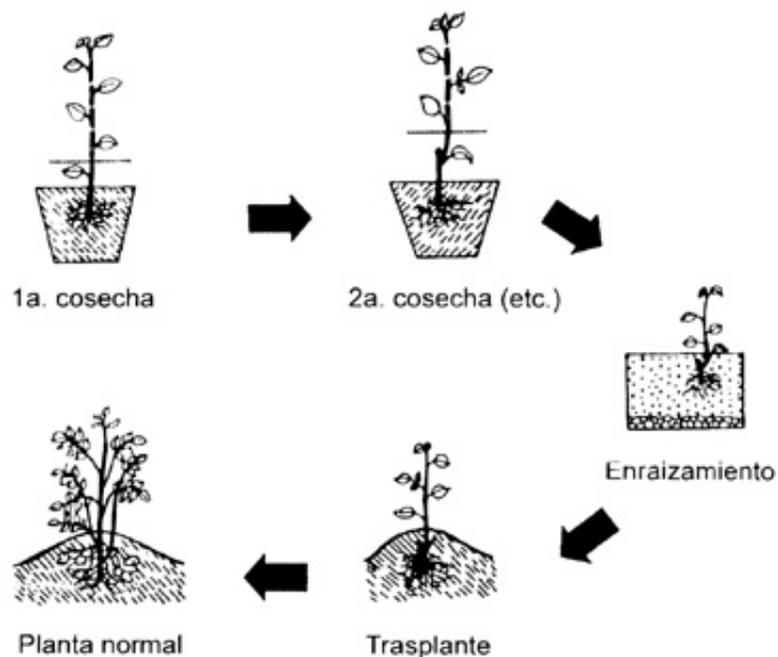


Figura 2 Representación esquemática del proceso de obtención y enraizamiento de esquejes de tallo juvenil de tallo.

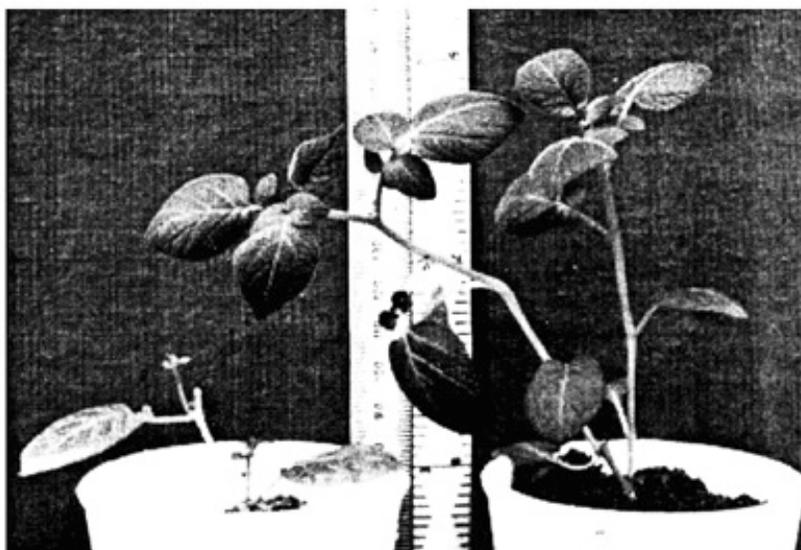


Figura 3 Plántulas jóvenes de crecimiento vigoroso usadas para producir esquejes de tallo juvenil. La planta de la derecha está lista para el corte de esquejes de tallo juvenil. La planta de la izquierda está creciendo de nuevo para otra recolección.

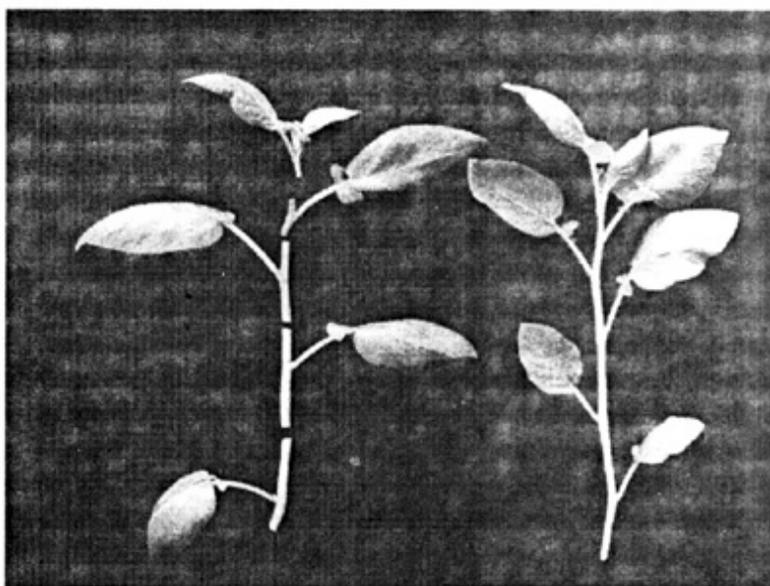


Figura 4 Tallo cortado de una planta madre. Potencialmente tiene seis esquejes de tallo juvenil (derecha). El tallo de la izquierda muestra cinco esquejes ya cortados, cada uno con su hoja y yema axilar.

El enraizamiento de los esquejes se efectúa en camas de arena fina (< 1 mm) o en una mezcla de sustrato (pro-mix BX + cuarzo) en una proporción 2:1. Asegurarse de que la hoja y la yema estén sobre la superficie y a porción del tallo tome contacto con el sustrato, presionando el sustrato alrededor del esqueje. Mantener una humedad adecuada en el sustrato y después de 10 a 15 días los esquejes enraizarán normalmente. En las plantas madres la yema axilar desarrolla para convertirse en un nuevo tallo.

Los esquejes pueden ser también trasplantados directamente al campo **0** usadas como plantas madres para incrementar la tasa de multiplicación.

Cada esqueje de tallo juvenil trasplantado al campo puede producir de 0.5 a 1.0 Kg de tubérculos, según de la variedad. La tasa de multiplicación depende del número de cosechas obtenidas de cada planta madre y puede ser de varios miles cuando este método se combina con el de esquejes de brote.

Esquejes de talle lateral

Este método se usa ampliamente y con bastante éxito en los programas de semilla básica. Se pueden producir de 20 a 60 esquejes por cosecha en promedio y de 120 a 150 en total en 4 a 5 cosechas. Porque este es un método con una alta tasa de multiplicación es necesario que se extremen las precauciones asépticas para evitar contaminaciones. Cada uno de los esquejes enraizados puede producir en el campo de 0.5 a 1 Kg de tubérculos, según de la variedad. Para producir buenas plantas madres se debe usar tubérculos de 30 a 50 g, de la más alta sanidad. Los tubérculos brotados se siembran muy superficialmente en macetas o en camas de almácigo, en una capa de sustrato de 5 cm; de esta forma se obtiene una mayor cantidad de estolones aéreos que posteriormente serán tallos vigorosos. Luego se procede a una fertilización diluida de NPK usando la fórmula de 9-45-15. De esta mezcla se toman 5 g y se diluyen en un litro de agua; a cada planta se le aplica 50 ml. Las plantas madres también pueden proceder de plántulas o tuberculillos in vitro, de esquejes de brotes y de tallo lateral.

Las normas de asepsia deben ser estrictas para prevenir la diseminación de virus y otros patógenos. Deben aplicarse las medidas de asepsia, tanto para el operario como para el instrumental; es decir, lavarse las manos y desinfectar las cuchillas o bisturís con una solución jabonosa (10 %) de hipoclorito de calcio (10%); se debe usar ropa limpia o guardapolvos.

El desarrollo de las plantas madres en los invernaderos es rápido. Las plantas están aptas para el despunte apical aproximadamente 15 días después de la siembra o cuando las plantas tienen 20 a 30 cm de altura. El despunte apical consiste en eliminar el meristema apical de todos los tallos de la planta para lo cual se usa una pinza o bisturí. Las herramientas deben desinfectarse en una solución jabonosa después del corte de cada planta. Con el despunte apical se estimula el crecimiento de las yemas axilares que al crecer constituirán los esquejes de tallo lateral; estos se cortan cuando tienen de 10 a 15 cm de longitud (Figura 5).

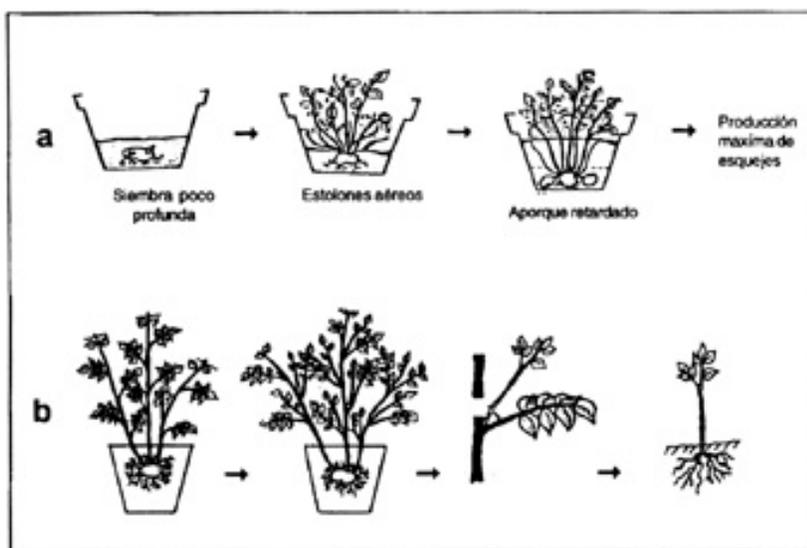


Figura 5 a. Siembra superficial de tubérculos para favorecer que los estolones se conviertan en nuevos tallos después de sucesivos aporques ligeros.
 b. A partir de tallos bien desarrollados y luego del despunte apical de cada tallo, las yemas axilares crecen y se convierten en esquejes de tallo lateral de 10-15 cm de longitud, lo que serán puestos a enraizar en camas.

Los esquejes están aptos para ser cosechados después de 10 a 15 días del despunte apical. La producción de esquejes por planta varía de acuerdo a la variedad, número de tallos y vigor de la planta; en la variedad Yungay se han obtenido hasta 30 esquejes por cosecha y por planta, incrementándose el número de esquejes en los siguientes cortes, los cuales se realizan cada 8-10 días. El número de cortes está en relación con el período vegetativo de la variedad; para el caso de una variedad tardía (Yungay, por ejemplo), se puede realizar hasta ocho cosechas. En una variedad semi precoz (Revolución) se pueden hacer hasta seis cosechas. Para obtener esquejes vigorosos se deben combinar temperaturas moderadas con una fertilización con nitrógeno (área diluida a razón de 2-5 g/L de agua agregar 50 ml de solución por planta) que estimula la producción y el crecimiento rápido de los esquejes de tallo lateral. Los días largos (más de 15 horas de luz), aceleran el crecimiento de las ramas y de los esquejes, así como el desarrollo de las raíces. Para cosechar los esquejes, colocar a cuchilla o bisturí en ángulo recto al tallo, hacer un corte limpio y firme sin dañar las hojas y tallos; el corte se hace sobre las yemas axilares sin dañarlas (Figura 6).

Se deben seguir las normas de asepsia indicadas. Después de cosechar los esquejes en cada planta madre se deben desinfectar los instrumentos y las manos. La longitud de los esquejes para trasplante depende del lugar donde estos se sembrarán: si es para trasplante en invernadero, pueden ser de 2-6 cm y para el campo de 8-15 cm.

Al momento de la cosecha los esquejes se guardan en bandejas y se cubren con papel toalla o periódico humedecido para evitar que se des sequen. Sobre una superficie limpia y desinfectada se cortan los esquejes

quitándoles algunas hojas basales y pedazos de tallo, homogeneizando el largo y el área foliar de los esquejes. Se debe evitar la cosecha de esquejes fisiológicamente viejos.

Para la cama de enraizamiento se recomienda la arena de cuarzo (0.5-2 mm de diámetro) como sustrato. Debe estar semi compacta, húmeda y tener un buen drenaje. En la arena se hacen agujeros de 3-5 cm de profundidad y se siembran a una densidad de 2.5 x 2.5 cm 2.5 x 5 cm a 5.0 x 5.0 cm entre esquejes; las densidades que finalmente se obtienen con estos distanciamientos son de 1600, 800 y 400 esquejes por m² respectivamente.

Los esquejes se siembran en la arena a 3-4 cm de profundidad, asegurándose de compactar bien la arena alrededor del esqueje para favorecer el enraizamiento. El tiempo para el enraizamiento depende de las condiciones de manejo pero generalmente toma unos 15 días. Para obtener esquejes con raíces abundantes y fibrosas (Figura 7), en un tiempo corto, se aplican hormonas de enraizamiento (en líquido o en polvo). La hormona líquida es más fácil de preparar y aplicar, es de menor costo y además da mejores resultados.

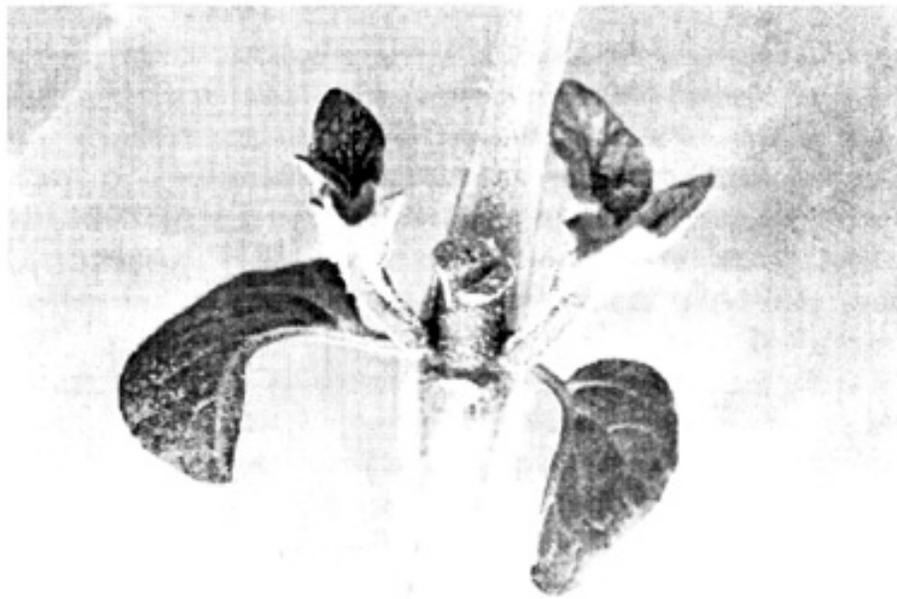


Figura 6 Yema axilar después del corte del esqueje. Al cortar el esqueje se debe evitar el daño de las yemas axilares que darán origen a los nuevos esquejes de tallo lateral.



Figura 7 Esqueje de tallo lateral vigoroso, bien enraizado, de 10-15 cm de longitud, listo para el transplante al campo.

El riego de los esquejes enraizados debe hacerse con regadera y con mucho cuidado; es necesario sombrear a cama con una tela y de esta manera proporcionar un ambiente fresco y protegido, especial para el buen enraizamiento.

Entre los 8 y 10 días se observará el inicio de la formación de raíces; a los 10 días aproximadamente se nota la *formación* de pequeñas protuberancias blancas debajo de la corteza, a partir de las cuales comienzan a emerger las raíces; éstas completan su formación a los 15 días aproximadamente.

Los esquejes de tallo lateral enraizados pueden ser transplantados en el invernadero a macetas y camas para producción de tubérculos-semillas prebásicas y en campo para la producción de semilla básica. Los rendimientos en el campo son de 0.5 a 1.0 Kg de tubérculos por esqueje.

Esquejes de tallo adulto

Este es un método suplementario para obtener tuberculillos a partir de esquejes de tallo adulto. El método consiste en seleccionar tallos de plantas que han iniciado su madurez fisiológica; éstos se cortan en pedazos que tengan una hoja y un pedazo de tallo (3 cm). Los esquejes obtenidos se colocan en un sustrato de arena para producir tuberculillos en las axilas de esqueje (Figure 8). De cada planta madre se pueden producir entre 80 y 120 tuberculillos. Las plantas madres deben crecer primero bajo días largos y luego bajo días cortos por 10 a 15 días antes del corte de los esquejes; esto se hace para inducir la tuberización. Es muy importante para la tuberización que el esqueje no tenga una yema bien diferenciada,

ye qua cuando ésta se ha diferenciado para producir un tallo aéreo, no produce el tuberculillo esperado. Lo mismo ocurre cuando el esqueje escogido es senescente y está dañado o cuando se toma de la zona muy apical, en cuyo caso se forman raíces como en el caso del esqueje de tallo juvenil.

El substrato apropiado es arena fina de 1 mm de diámetro; el esqueje debe mantenerse en un ambiente húmedo, bien regado, pero sin exagerar. Las medidas de asepsia para los cortes y manipulación de los esquejes son las mismas que para los otros procedimientos. Los esquejes cortados se mantienen húmedos entre toallas de papel humedecidas para evitar su deshidratación. Los esquejes se plantan a distanciamientos de 5 a 7 cm entre esquejes y las hojas deben estar sobre el suelo. La formación de los tuberculillos comienza una o dos semanas después de la siembra de los esquejes y el proceso termina de 4 a 6 semanas después del trasplante. Los esquejes deben mantenerse en un ambiente fresco (20 C) Los tuberculillos producidos varían de 0.5 a 1.0 cm (1 a 1.5 g) y la producción puede llegar a 350 tuberculillos por m² en 30 a 40 días. Los tuberculillos se almacenan a baja temperatura y se espera se rompa su periodo de reposo o se les induce a su brotación mediante medios químicos o físicos.

Esquejes de brotes

Esta tecnología permite también incrementar considerablemente los índices de multiplicación y, como en los casos anteriores, eliminan los patógenos no sistémicos y nematodos que transmiten por el suelo. Este método se basa en la obtención de varias cosechas de brotes del tubérculo, los cuales se enraízan para luego convertirse en nuevas plantas en las camas o en el campo. Una vez que los tubérculos-semillas han iniciado su brotación, esta puede ser manejada para obtener la mayor cantidad posible de brotes y aun usar el tubérculo para sembrarlo en el campo. Los tubérculos pueden provenir de camas de invernaderos (prebásica), de tubérculos básicos o de otras generaciones producidos en el campo. Los de invernadero son generalmente los más grandes aunque se pueden utilizar los más pequeños pero con menos cosechas de brotes. Este método, sin embargo, es mucho más útil con tubérculos grandes de campo que son demasiado grandes para ser usados como tubérculos-semillas.

En la mayoría de las variedades se observa la dominancia de un brote apical que debe ser removido y usado a fin de promover el desarrollo de los demás brotes del tubérculo. Es mejor que el tubérculo recién brotado permanezca bajo luz difusa para obtener un brote apical fuerte. El brote es removido con la mano girando suavemente el tubérculo y manteniendo el brote con la yema de los dedos. Es necesario lavarse las manos con agua jabonosa para evitar la transmisión de virus de contacto. Una vez desbrotaos los tubérculos se guardan en el almacén, en oscuridad total, de 10 a 15 días, con el objeto de obtener el mayor número de brotes por tubérculo; esto dependerá de la variedad y del tamaño de los tubérculos.

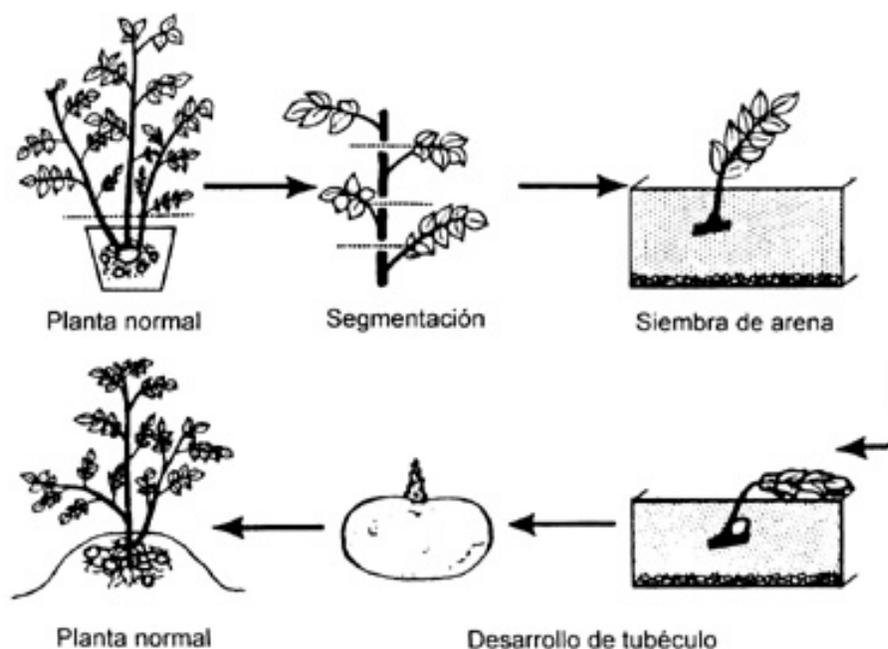


Figura 8 Representación esquemática del proceso de producción de tuberculillos a través de los esquejes de tallo adulto.

Una vez que los brotes de los tubérculos han crecido y se han desarrollado lo suficiente, los tubérculos deben volver a la luz difusa para obtener brotes verdeados, fuertes y vigorosos, los cuales serán nuevamente cosechados para su enraizamiento o siembra directa en camas o en el campo. Los brotes formados en oscuridad pueden crecer un poco más y luego al ponerlo a la luz, el brote grande puede ser seccionado en pequeñas partes y después enraizados en camas de arena. Los brotes enraizados pueden ser sembrados en camas para producir plantas madres o tubérculos, o llevados al campo para su transplante en surcos. En la Figure 9 se presentan las distintas etapas en forma esquemática.

El enraizamiento de los brotes puede efectuarse de dos maneras: en arena de partículas de 1 mm o en sustrato de textura suelta, muy ligera. La arena debe ser lavada y muy limpia y el suelo desinfectado apropiadamente. El brote se siembra introduciendo toda su longitud, dejando solo la parte apical afuera.

Los brotes para enraizamiento se pueden plantar a 1 o 2 cm de separación a fin de tener la mayor cantidad de plántulas por m². Los brotes no necesitan ningún tipo de enraizador. Una vez sembrados se procede a mantener húmedo el sustrato. Bajo estas condiciones se puede lograr el enraizamiento de los brotes en 7 a 10 días, con una buena formación de raíces y un rca foliar apropiada para su transplante.

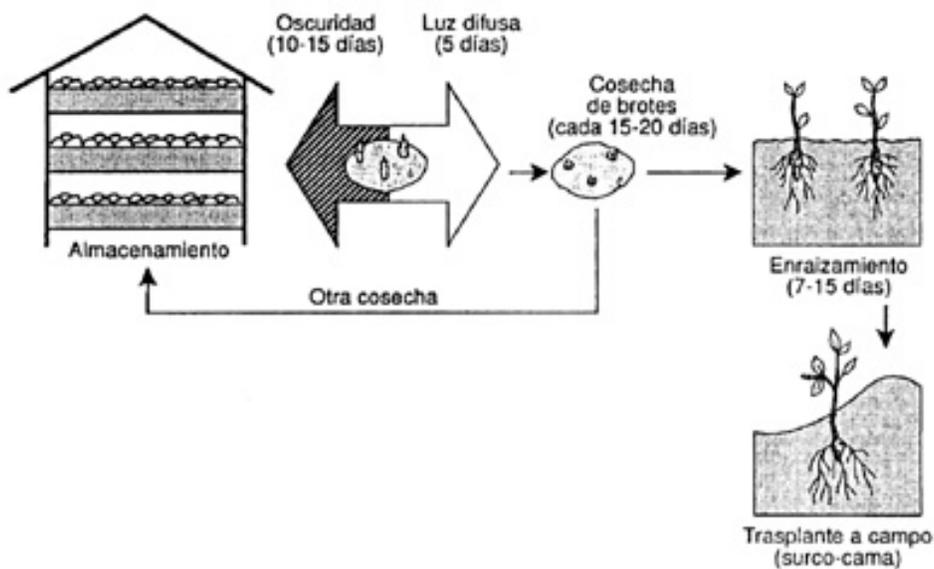


Figura 9 Representación esquemática del proceso de producción y enraizamiento de esquejes de brote.

En el Perú se acostumbra también preparar camas fuera de los tinglados, usando un sustrato de suelo suave. Las camas generalmente son de 1 m de ancho y de largo variable dependiendo de la cantidad de brotes a enraizar. Estas camas se acondicionan con ladrillos o maderas de tal forma que la cama resulte barata y es fácil manejo.

A los 15 días de sembrados los brotes tienen ya suficientes raíces y pueden ser transplantados. Cuanto más joven sea el brote enraizado que se transplanta, se obtendrá el mejor resultado. Si los brotes son viejos, es mejor dejarlos en camas para que tubericen. En arena, los brotes generalmente tuvieron riza en 40 o 45 días después de transplantados en camas; producen solo 1 o 2 tubérculos por brote sembrado. En sustrato de suelo la tuberización demora un poco más (50-60 días), produciendo más o menos lo mismo que en la arena.

Los esquejes de brote enraizados requieren de suelos sueltos y de buena humedad. Para transplantar a campo definitivo el suelo debe estar bien preparado y tener riego. Cuando el trasplante se hace a camas se sugiere espaciamiento de 15 x 15 cm (45 plantas por pulg²). Los distanciamientos de trasplante al campo recomendados para brotes enraizados es de 0.80 pulg entre surcos y 0.15 a 0.20 pulg entre plantas. Al momento del trasplante, tanto en camas como en el campo, no se hace ningún tipo de fertilización química. Los brotes transplantados se readaptan a su nuevo ambiente por un periodo de 10 días y luego recuperan su vigor. En ese momento se deben fertilizar con NPK y aprovechar para hacer una escarda. Después de 10 a 15 días se puede efectuar el primer aporte y 5 días después el segundo.

La técnica de brotes tiene varias ventajas. Se reduce de 30 a 40% el costo de producción dado que el periodo vegetativo se acorta entre 25 y 40 días, dependiendo del cultivar. Usando brotes no se transmiten

enfermedades que usualmente se transmiten por los tubérculos. Es una técnica de fácil manejo y la cantidad de tubérculos de tamaño semilla se incrementa hasta en un 80%.

Bibliografía

Aguilar, J; C. Vittorelli. 1967. Desinfeste el substrato de siembra con bromuro de metilo. INIPAICOTESU, Lima, Perú. 11 p.

BASF Aktiengesellschaft. 1990. Basamid-Granulado. 84SF, Alemania. 20 p.

Bryan, J.E.; M. T. Jackson; N. Meléndez. 1981. Técnicas de multiplicación rápida de papa. CIP Lima, Perú. 20 p.

Bryan, J.E.; N. Melendez; M.T. Jackson. 1961. Esquejes de brotes: Una técnica de multiplicación rápida de papa. Guía III. CIP, Lima, Perú. 10 p.

Bryan, J.E.; M. T. Jackson; M. Quevedo; N. Meléndez. 1961. Esquejes de tallo juvenil: Una técnica de multiplicación rápida de papa. Guía 1/2. DIP Lime, Perú. 8 p.

Bryan, J.E.; N. Melendez; M. T. Jackson. 1961. Esquejes de tallo lateral: Una técnica de multiplicación rápida de papa. Guía 1/3. DIP, Lima, Perú. 16 p.

López, F.; A. Hibon; F. Merino; M. Pumisancho. 1995. Evaluación de la cosecha de brotes para tres tamaños de tubérculo-semilla de cuatro variedades de papa, Chimborazo-Ecuador FORTIPAPA IINIAP 6 p.

Quevedo, M.; J. E. Bryan; M. T. Jackson; N. Meléndez. 1961. Esquejes de tallo adulto: Una técnica de multiplicación rápida de papa. Guía /4. DIP Lime, Perú.

Fascículo 4.4

Diseño de Invernaderos para la Producción de Semillas de papa en condiciones de Sierra

Roberto Duarte / Oscar A. Hidalgo

Introducción

En el diseño de invernaderos se debe definir con claridad las actividades que se van a desarrollar y las necesidades de los cultivos que se van a producir. Por lo tanto, es necesario conocer los requerimientos tanto de iluminación, como de ventilación y temperatura del cultivo.

En los lugares donde el invierno es muy frío, como es el caso de los países nórdicos o en aquellos localizados en latitudes extremas, los invernaderos principalmente proporcionan ambientes adecuados a las plantas cuando no se puede mantener ningún cultivo en el campo. En estos invernaderos cubiertos de vidrio, plástico o fibra de vidrio, se aprovecha que la luz ingresa a través de las cubiertas y se refracta; como esta energía ya no puede salir a través de la cubierta se convierte en calor. A esto se le denomina

«efecto de invernadero». Mediante este proceso se logra una temperatura más alta dentro de estas instalaciones, lo cual permite obtener cosechas en las épocas más frías.

En la sierra central del Perú, en Huancayo (3,280 msnm), se dan las condiciones ideales para producir tubérculos-semillas y semilla sexual de papa (SSP), tanto en campo como en invernaderos. Experiencias previas indican que en la zona de Huancayo es posible producir semillas en ambientes protegidos, aun en la estación de invierno (junio a setiembre). Además de la protección contra las bajas temperaturas es esencial que los invernaderos en estas zonas protejan a las plantas del ingreso de insectos vectores que pudieran transmitir enfermedades.

Lo importante para las condiciones de la sierra central es la construcción de invernaderos de bajo costo que faciliten la producción de semillas y que cuenten con una buena orientación para que mantengan las condiciones de temperatura y aislamiento necesarias para la producción de semilla prebásica y SSP, y que además brinden eficiencia y funcionalidad.

Factores Importantes en la Construcción

Emplazamiento.

Antes de comenzar la construcción de un invernadero se debe elegir cuidadosamente su emplazamiento. El lugar más favorable está relacionado con un tipo de suelo que permita una buena construcción, pero también un lugar con las condiciones ambientales, especialmente iluminación, favorables para el crecimiento de las plantas. La elección del emplazamiento para el invernadero está vinculada a los puntos que se indican a continuación.

Topografía.

Se debe seleccionar un terreno bien nivelado o con poca pendiente debido a que los terrenos situados en pendientes empinadas, con perímetro irregular, aumentan la dificultad y el costo de la edificación. Las especies cultivadas en estos ambientes requieren una alta eficiencia de distribución de temperatura, iluminación y ventilación.

Cuando se elige el lugar para construir un invernadero es importante tener en cuenta que éste debe tener acceso a una buena carretera para facilitar el transporte de los materiales de construcción y del producto obtenido en los invernaderos.

Iluminación natural.

Es uno de los factores más importantes en el crecimiento de las plantas. El invernadero puede ser iluminado con luz solar directa o con luz artificial. La cantidad de luz disponible en los invernaderos puede constituir un factor limitante para el crecimiento de las plantas, especialmente durante el invierno. Algunas veces es necesario complementar la iluminación natural con luz artificial.

Las condiciones atmosféricas desfavorables reducen la intensidad luminosa, por lo que conviene evitar aquellas zonas en las que prevalecen las nieblas y las brumas o que tienen atmósferas contaminadas por humos.

Agua.

El agua juega un papel muy importante para la elección del emplazamiento de los invernaderos. El agua debe ser limpia y libre de organismos que pudieran causar enfermedades o plagas que afecten a la papa; también debe estar libre de agentes químicos indeseables, como exceso de sales.

El agua debe proceder de un pozo profundo o de una red de suministro. No es recomendable el agua de arroyos, estanques o pozos poco profundos porque es posible que se encuentre contaminada por agentes nocivos para las plantas. En caso necesario, estas fuentes de aguas deben ser tratadas para hacerlas aptas para las plantas. Para mayor seguridad, el agua que se use debe ser previamente analizada. En general es preferible el agua blanda a la dura, aunque tiene mucho más importancia que el suministro sea continuo y puro.

Se requiere agua en cantidades suficientes, ya que las plantas en crecimiento la precisan en abundancia, sobre todo durante los meses de verano.

Orientación.

La cantidad de energía solar recibida por una superficie depende de la estación y de las condiciones ambientales predominantes en el área y en el momento (humedad, nubosidad, etc.).

Las estaciones son consecuencia del movimiento de traslación de la tierra alrededor del sol y de la inclinación del eje terrestre sobre el plano de la eclíptica. Aunque la excentricidad de la eclíptica es pequeña, la intensidad de la radiación varía inversamente al cuadrado de la distancia. La orientación de los invernaderos, por lo tanto, es materia de controversia principalmente por la necesidad de conseguir un equilibrio óptimo. En los invernaderos con orientación este-oeste se transmite mejor la iluminación invernal que en la orientación norte-sur. Los invernaderos construidos en las regiones del sur con una orientación este-oeste dan muy buenos resultados para la germinación y crecimiento de las plantas; lo contrario ocurre con la orientación norte-sur que es propicia para las regiones del norte.

Materiales para la Construcción de Invernaderos

La madera fue usada universalmente para la construcción de invernaderos hasta 1946; a partir de esa fecha aumentó el uso del acero y de las aleaciones de aluminio. Ahora es frecuente construir invernaderos de aluminio o de combinaciones de acero y aluminio, o acero y madera.

Madera.

En la construcción de invernaderos se usan generalmente dos tipos de maderas: el pino rojo (*Pinus sylvestris*) y el pino de la Columbia Británica (*Pseudotsuga taxifolia*). Actualmente en el Perú hay gran cantidad de tipos y calidades de maderas para la construcción de invernaderos, entre ellas: el tornillo (*Cedrelinga calenaeformis*) y la mohena negra (*Nectandra sp.*).

La construcción con madera puede llevarse a cabo bajo distintos sistemas de fabricación los cuales se diferencian principalmente por la cantidad de trabajo realizado en la fábrica o en la obra. Los sistemas que se emplean en la construcción de invernaderos son de habilitado o semi-precortado. Se usa madera en

sección transversal cortada en los aserraderos, y los cortes en longitud, perforaciones y rebajos se ejecutan en la obra.

La madera, como cualquier otro material, tiene sus limitaciones y la más importante es la posibilidad de ser atacada por insectos y hongos, o de ser afectada por el fuego, desgaste mecánico y otros factores, por lo que es necesario preservarla. Toda la madera que se usa en la construcción de invernaderos debe estar bien seca y libre de alburas, de grietas y de nudos grandes o sueltos. Con excepción de las variedades de madera de gran duración, es conveniente tratar la madera con productos conservadores.

La durabilidad de la madera depende de su resistencia natural y de su resistencia a la pudrición por hongos o al ataque de insectos u otros agentes destructores. La durabilidad natural se puede aumentar mediante procedimientos artificiales, ya sea por un simple secado o por tratamientos preservadores especiales.

La densidad de la madera es un índice de durabilidad. Las maderas más pesadas son en general las más durables; hay excepciones, por lo que es necesario determinar o conocer previamente la durabilidad real de la especie en uso.

Los productos conservadores son de tres tipos: aceites, productos solubles en agua y disolventes.

Los aceites

son principalmente productos a base de alquitrán de hulla y creosota de alquitrán; no se recomiendan en los invernaderos porque desprenden vapores tóxicos para las plantas; además es difícil pintar sobre ellos.

Los productos solubles en agua

son mezclas salinas a base de combinaciones diversas de dinitrofenol, sulfato de cobre, dicromato sólido, arseniato sólido y fluoruro sólido.

Los productos disolventes

son sustancias orgánicas, por lo general a base de naftenato de cobre o un preparado de pentaclorofenol, disueltos en un solvente alcohólico, que se evaporan después de su aplicación; los productos activos quedan en la madera. Se aplican con brocha, pulverizadores o por inmersión porque resulta muy caro realizar un tratamiento mediante presión. Las pinturas conservan los invernaderos de madera, siempre que la pintura sea de buena calidad y se haga una correcta aplicación.

Acero.

Para la construcción de invernaderos se usan tubos y secciones de acero, los que junto con la madera, se emplean para las siguientes estructuras principales:

- Canalones: láminas precisadas o perfiladas.
- Soportes para canalones: tubos, secciones rectangulares, viguetas perfiladas.
- Postes de sustentación: tubos.
- Vigas de sustentación: secciones cuadradas.
- Soportes laterales en forma de R.S.J.T. y ángulo.

- Armaduras para tejado y estructuras de edificio: tubo, varilla, ángulo, sección rectangular hueca.

El acero posee una gran resistencia que permite un grosor más reducido o menor cantidad para conseguir una resistencia dada. Cuando sustituye a la madera o al aluminio, el acero facilita la transmisión de la luz y reduce los costos.

La corrosión es el problema principal del acero, por lo que hay que prevenirlo. Las estructuras de acero que forman parte del invernadero deben fabricarse totalmente antes de construirlo; también se pueden galvanizar por inmersión en calor, aunque esto supone un aumento considerable en los costos.

Cuando se emplea el acero en combinación con el aluminio es esencial reducir al mínimo la posibilidad de la corrosión electrolítica. Todas las superficies en las que haya contacto de ambos materiales se deben cubrir con pintura bituminosa.

Aluminio.

El aluminio se encuentra ampliamente difundido en la construcción de invernaderos; se usa en la mayoría de las edificaciones nuevas. La totalidad de la estructura de los invernaderos puede construirse de aluminio; en algunas piezas sin embargo se suele usar acero para reducir la cantidad de metal y conseguir mayor resistencia de la estructura. Las aleaciones de aluminio poseen diversas ventajas sobre la madera y el acero. También son resistentes a la corrosión.

Cubierta

Fibra de Vidrio.

En la construcción de invernaderos se usan láminas de fibra de vidrio, en forma de paneles rígidos, corrugados o planos. La fibra de vidrio es fuerte, de larga duración, liviana y fácil de colocar. Se puede obtener en diferente ancho, largo y espesor. Sólo se debe usar material claro de un espesor de 0.038" (0.96 mm) o más. La transmisión de luz de este material tiende a disminuir con el tiempo. La desventaja de la fibra de vidrio es su alto costo.

Mallas contra insectos.

Para decidir sobre el tipo de malla que se va a usar es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Insectos vectores.

Los tamaños de los principales insectos que se desean evitar son los siguientes:

- Afidos (*Aphis spp.* o *Myzus persicae*): 340 μ (0.13")
- Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*): 640 μ (0.025")
- Mosca blanca (*Bemisia tabaci*): 462 μ (0.018")
- Thrips (*Frankliniella occidentalis*): < 192 μ (< 0.0075")

Estos insectos, y principalmente los áfidos, transmiten enfermedades causadas por virus. La malla que se escoja deberá evitar la entrada de éstos y de otros insectos de mayor tamaño.

La malla impide la entrada de los insectos, pero es muy difícil de asegurar que no habrá insectos dentro del invernadero si hay puertas abiertas o espacios entre las uniones de las estructuras.

Flujo de aire.

Cuando se cubre la estructura se restringe el movimiento del aire, pero también se restringe la entrada de polvo y basura. El movimiento del aire es inverso al tamaño del poro de la malla, por lo que deberá buscarse una malla de un tamaño más apropiado que evite la entrada de los insectos predominantes en la región. Para el caso de Huancayo, lo ideal es una malla con poros menores de 300 μ que evite la entrada de los áfidos. La malla que usamos en los invernaderos del CIP es de 32 x 32 hilos por pulgada cuadrada, a prueba de áfidos que a la vez permite un buen flujo de aire.

Duración de la malla.

Dependerá en parte del material de que está hecha y de cómo está instalada. Las mallas metálicas son más durables pero son más costosas; en cambio las de poliéster son más baratas pero de menor duración. Las de polietileno tienen una duración intermedia. Aquéllas hechas de polietileno y acrílico tienen una duración de 5 a 8 años. Se conservan mejor las mallas bien templadas que las que tienen arrugas o están sueltas. La limpieza de las mallas facilita el movimiento de aire y alarga su vida útil. Algunas mallas son más fáciles de limpiar que otras. La manera más fácil de limpiarlas es lavarlas con agua a presión. Debido a que la malla filtra el aire de insectos, polvo, basura, etc, crea un medioambiente de crecimiento más limpio.

Proveedores de mallas antiáfidos.

A continuación se indican los tamaños disponibles, precios y direcciones de dos proveedores de mallas.

LUMITE

P.O.Box 977

Gainsville, Georgia 30503,

EE.UU.

Tel.(1-404) 449-4960

Fax (1-404) 449-0054

Polyethylene Amber 300' Lin FT Fabric

Nº5009100, 32 x 32 sq. inch, aprox. 7,200 Sq.Ft.

Clear 6% shade. 2 x 100 yardas (1.83 x 91.5 m)

Precio por Rollo: aprox. US\$1,080. Flete marítimo de 10 rollos es aprox. US\$250.

TILDENET LTD.

Longbrook House

Aston Vale Rd.

Bristol BS3-2HA

REINO UNIDO

Tel.(0272)669684

Fax: (0272)231251

Tildenet Insect Net 52 x 52 Sq.In.

Rollo de 4 x 110 yardas (3.64 x 100 m)

Precio por Rollo: US\$ 954. Flete marítimo por 10 rollos es aprox. US\$630. Estos rollos son de doble ancho (3.64 m).

Mallas de sombreamiento.

Son muy útiles para tener mayor protección contra el sol, especialmente en zonas con altas temperaturas de verano y de alta intensidad luminosa.

Para proporcionar sombra también se usa ampliamente un material plástico tejido («saran»). Este material puede obtenerse en diversos espesores que permiten el paso de varias intensidades de luz. Es de peso ligero y puede ser fijado con facilidad sobre los techos de los invernaderos.

Plásticos.

Los invernaderos cubiertos con diversos tipos de plástico son muy populares especialmente para estructuras pequeñas, así como para instalaciones comerciales grandes.

Se dispone de varias clases de materiales plásticos, algunos muy ligeros y poco costosos. A continuación se describen los más comunes:

Polietileno.

Es el material más barato, pero a su vez es débil y de menor duración; se tiene que reemplazar cada año. Se recomienda el polietileno resistente a los rayos ultravioleta, dura más pero es más costoso; de preferencia usar el de 0.1 mm de grosor. Es apropiado para climas fríos, para obtener un mejor aislamiento y mayor calor a menores costos.

Cloruro de Polietileno.

Es flexible y plegable; puede obtenerse en grosores de 1 a 3 mm (3 a 12 milésimas) y en anchos hasta de 6 pies (1.80 m). Es más durable que el polietileno y se produce también en forma de láminas rígidas corrugadas que son más baratas que las láminas de fibra de vidrio, pero tienen menor resistencia estructural.

Modelos de Invernaderos

A continuación se presentan algunos modelos de invernaderos desarrollados para la sierra central del Perú.

Modelo 1: Casa de malla con cúpula.

Invernadero de 90 m² en total (5 x 18 m) y 59 m² efectivos de camas para producción. Se ha preferido un ancho algo menor para facilitar una mejor ventilación. En el invierno, sin embargo, es necesario cubrir durante la noche las paredes laterales y el frente del lado este con cortinas de plástico, para evitar el efecto de la helada. Está construido con madera local, techo de fibra de vidrio a dos aguas y las paredes laterales y los frentes cubiertas con malla antiáfidos (mesh=32 x 32 hilos x pulgada cuadrada). Tiene una cúpula de

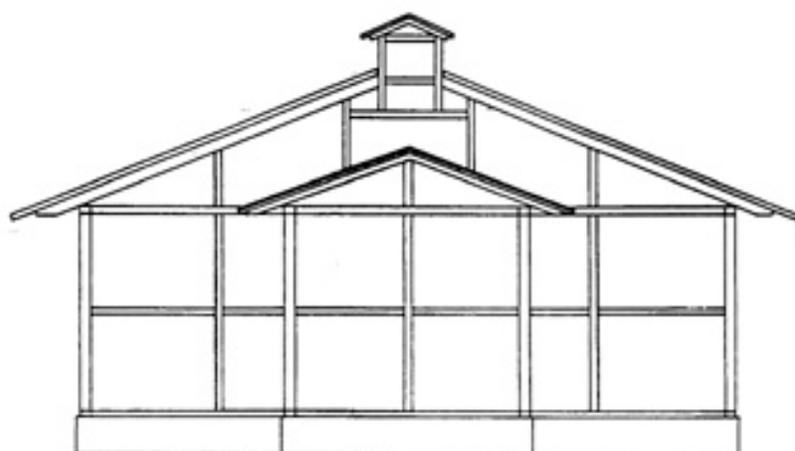
ventilación en la parte superior y a lo largo del techo. Su orientación es este-oeste. Piso central de cemento y pasillos laterales de grava; camas distribuidas a lo largo del invernadero y construidas de madera local que ocupan el 66% del área disponible. La Figura 1 muestra los planos básicos de A) elevación principal, B) corte transversal, C) plano de planta, D) elevación lateral y E) distribución de camas y pasillos. La Figura 2 muestra los detalles de los cimientos y sobrecimientos usados para los modelos 1, 2 y 3.

La antesala es de doble puerta para evitar el ingreso de los insectos y está destinada para el cambio de ropa, lavado de manos y cambio de zapatos antes de ingresar al invernadero. Está construida con los mismos materiales del invernadero y tiene piso de cemento. Dispone de agua corriente y desagüe. Área 5 m² (2.5 x 2 m).

La cantidad de los materiales usados, mano de obra y el costo se indican en el Cuadro 1. El costo total se estima en US\$3800. Los costos de la malla y la fibra de vidrio no consideran los impuestos de importación, pero sí incluyen el flete.

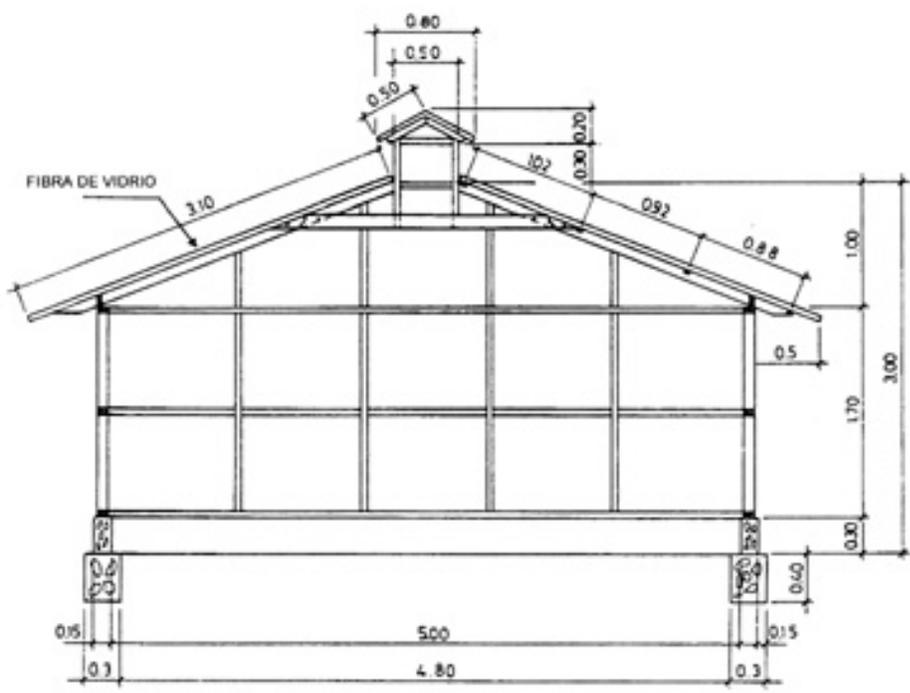
Cuadro 1 Costos de materiales para un invernadero Modelo 1, con techo a dos aguas y cúpula. Área: 18 x 5 = 90 m². Valores expresados en dólares americanos. Tipo de cambio: 2.18 soles.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio parcial
Madera tornillo 3"x3"x 8' (14 pzas.)		84	0.96	80.64
Madera tornillo 2"x3"x10'(99 pzas.)	pie ²	495	0.96	475.20
Madera tornillo 2"x2"x 8'(22 pzas.)	"	59	0.96	56.64
Madera tornillo 2"x2"x10 (40 pzas.)	"	134	0.96	128.64
Madera tornillo 1"x4"x8' (26 pzas.)	"	70	0.96	67.20
Madera tornillo 1"x3"x10' (12 pzas.)	"	30	0.96	28.80
Fibra de vidrio 12' largo	c/u.	34	49.97	1,698.98
Clavos para fibra de vidrio	"	8	2.75	22.00
Esponja para fibra de vidrio	"	4	35.11	140.44
Malla Saran Screen 32 x 32	ml	66	12.96	855.36
Clavos 3"	kg	4	1.00	4.00
Clavos 2. 1/2"	"	3	1.00	3.00
Clavos 1"	"	1	1.50	1.50
Clavos 4"	"	3	1.00	3.00
Cemento	bolsa	30	5.26	158.40
Piedra mediana	m ³	4	6.64	26.56
Hormigón	"	8	4.42	35.36
Precio Total				3,785.72



ELEVACION PRINCIPAL

ESC. 1/50



(B) CORTE TRANSVERSAL (A-A')

Figura 1 Modelo (con cúpula) de invernadero construido en Huancayo (3, 280) msnm para la producción de tubérculos-semillas de papa.

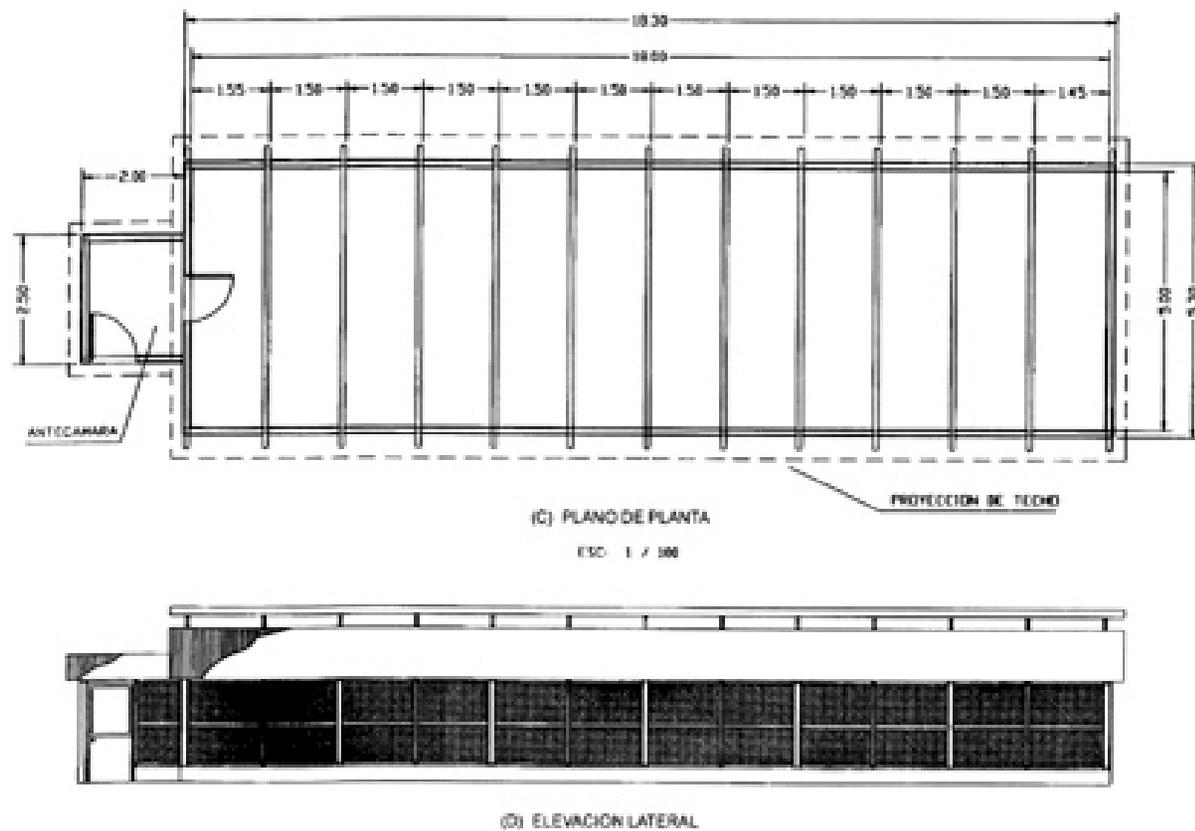


Figura 1a Modelo (con cúpula) de invernadero construido en Huancayo (3, 280 0 msnm) para la producción de tubérculos-semillas de papa.

(E) DISTRIBUCION DE CAMAS

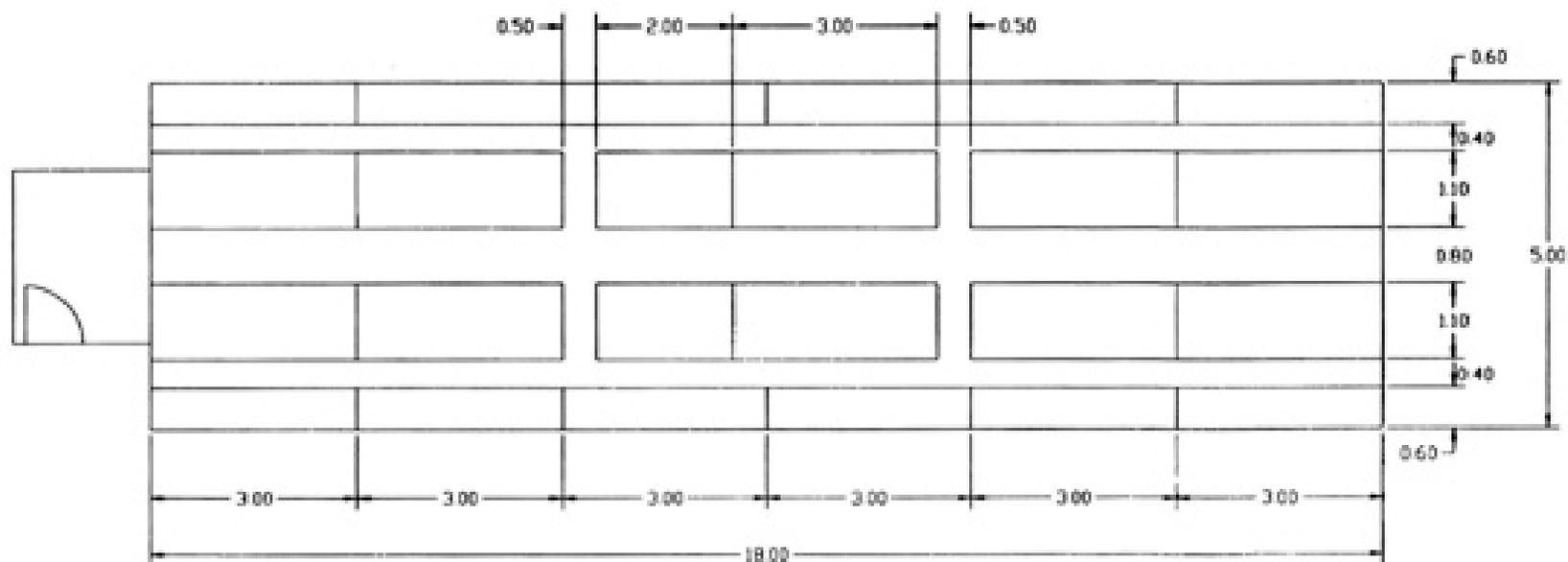
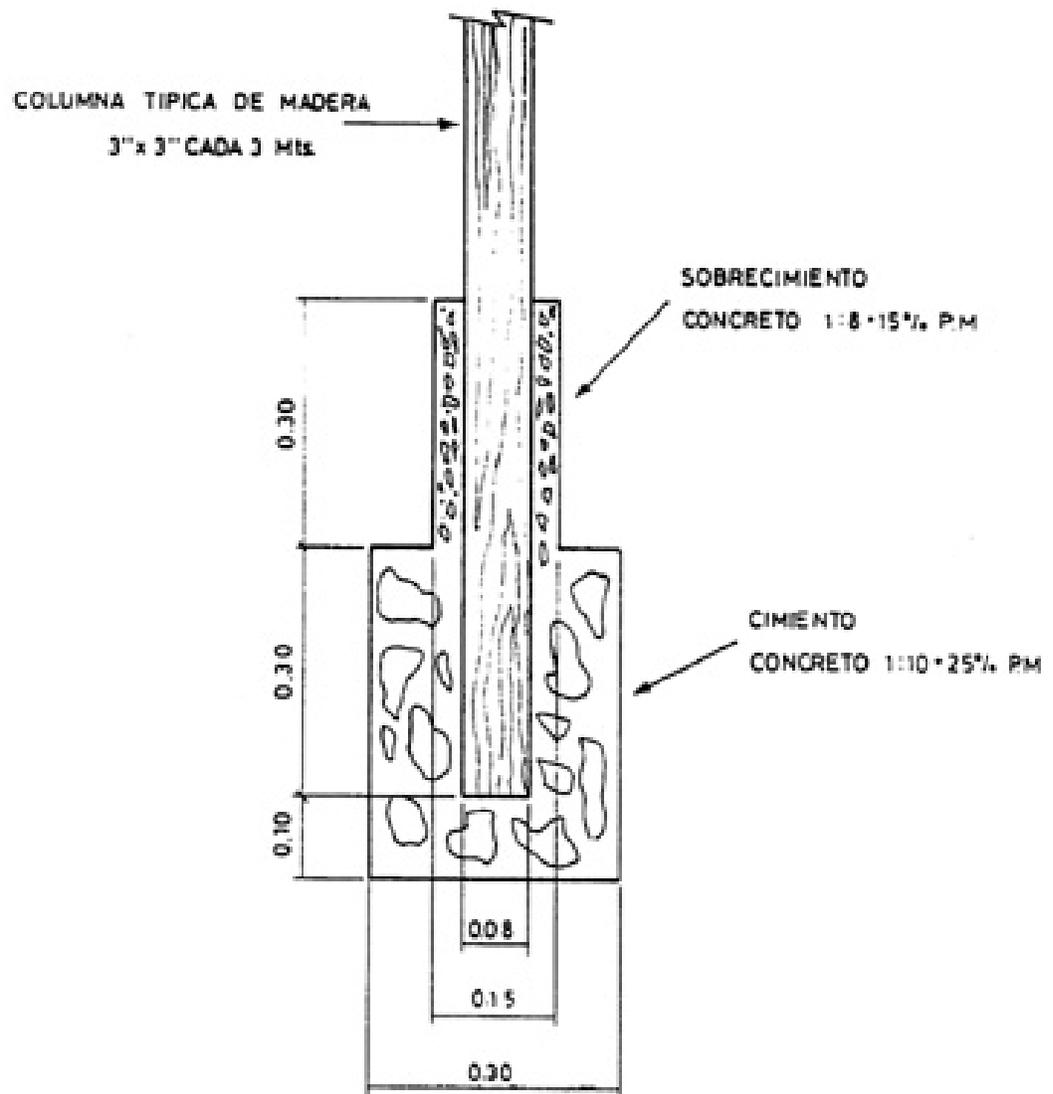


Figura 1b Modelo (con cúpula) de invernadero construido en Huancayo (3. 280) msnm para la producción de tubérculos-semillas de papa.



DETALLE 1

ESC: 1/10

Figura 2 Detalles de los cimientos y sobre-cimientos de los invernaderos para producción de tubérculos-semillas (Modelos 1 y 2) y semilla sexual de papa (Modelo 3), construidos en Huancayo (3,280 msnm).

Modelo 2: Casa de malla sin cúpula.

En el CIP se ha construido otro modelo con las mismas características del invernadero modelo 1 descrito antes, con la diferencia que no lleva cúpula en la parte superior y a lo largo del techo. Las diferencias en cuanto a temperatura se indican más adelante. Es de costo ligeramente menor y su construcción es un poco más fácil. (Ver Figura 3 A, B, C y D).

Los modelos 1 y 2 se recomiendan mayormente para la producción tubérculos-semillas pero también pueden usarse para la producción de semilla sexual de papa (SSP). El modelo 3 sin embargo es más apropiado para la producción de SSP, aunque también se puede usar para la producción de tubérculos-semillas.

Modelo 3: Tipo bóveda.

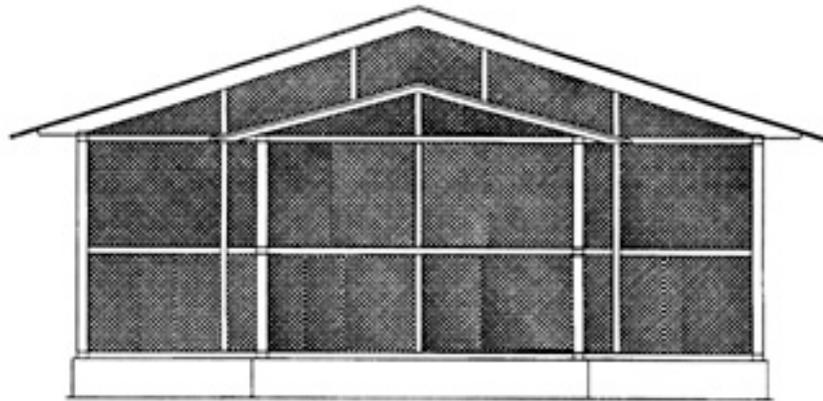
Invernadero de 76.8 m² en total (4.8 x 16 m) y 49.2 m² efectivos de camas para la producción de tubérculos-semillas y para albergar 396 plantas madres para la producción de SSP (ver Figura 4E). Este invernadero es un modelo prefabricado, importado del Japón que se usa en el CIP. Es un modelo semicircular cubierto con fibra de vidrio en los lados y con malla antiáfidos en los dos frentes. Prefabricado en aluminio y complementado con madera para la construcción de los frentes. Construido con orientación este-oeste. Cuando se usa para la producción de tubérculo-semilla, el piso central es de cemento y los pasillos laterales de grava; las camas están distribuidas a lo largo del invernadero y construidas de madera local que ocupan el 64% del área disponible. Cuando en los se usa para la producción de SSP el piso es de grava y en los espacios para las plantas madres se ubican macetas grandes de 10 pulgadas de diámetro; las plantas son guiadas para mantenerlas erectas y facilitar el trabajo de producción de la semilla. Este invernadero se cubre con una malla sombreadora negra para reducir la incidencia de los rayos solares, lo que ayuda a bajar la temperatura pero oscurece un poco el invernadero. Aún no está registrado el efecto de la malla sombreadora en el crecimiento de las plantas, pero hasta ahora no se han registrado efectos negativos en la producción de SSP.

La Figura 4 muestra los planos básicos de A) elevación principal, B) corte transversal, C) planta, D) elevación lateral y E) distribución de camas y caminos.

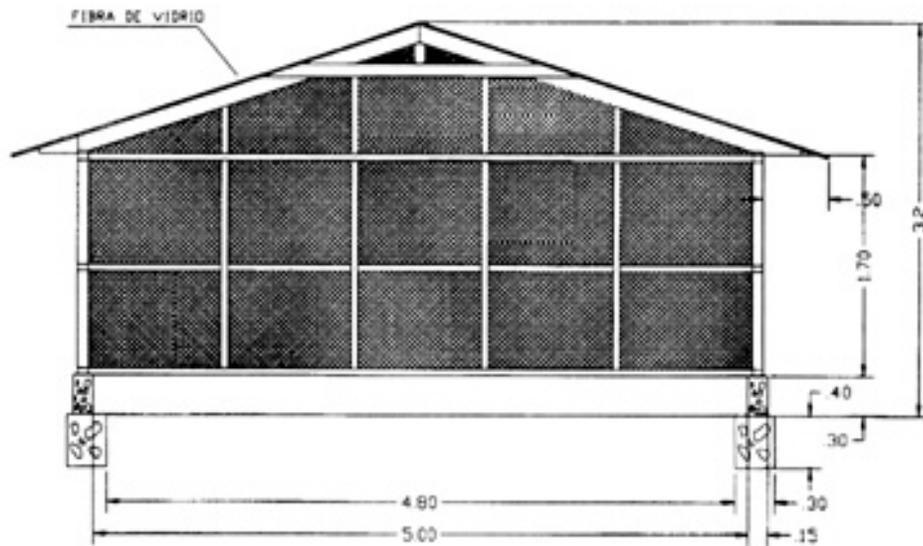
La antesala de doble puerta para evitar el ingreso de insectos y otras consideraciones es la misma que para los modelos 1 y 2.

El modelo 3 se recomiendan mayormente para la producción de semilla sexual de papa, pero también pueden usarse para la producción de tubérculos-semillas .

La cantidad de materiales usado, la mano de obra y sus costos se indican en el Cuadro 2. El costo total se estima en aproximadamente US\$2500, pero este total no incluye el costo del material prefabricado de aluminio, el cual se estima en US\$300. Los costos de la malla, la fibra de vidrio y el material prefabricado no incluyen impuestos de importación, pero sí el flete.



(A) ELEVACION PRINCIPAL
ESC: 1/50



(B) CORTE TRANSVERSAL (A-A')

Figura 3 Modelo 2 (sin cúpula) de invernadero construido en Huancayo (3,280 msnm) para la producción de tubérculos-semillas de papa.

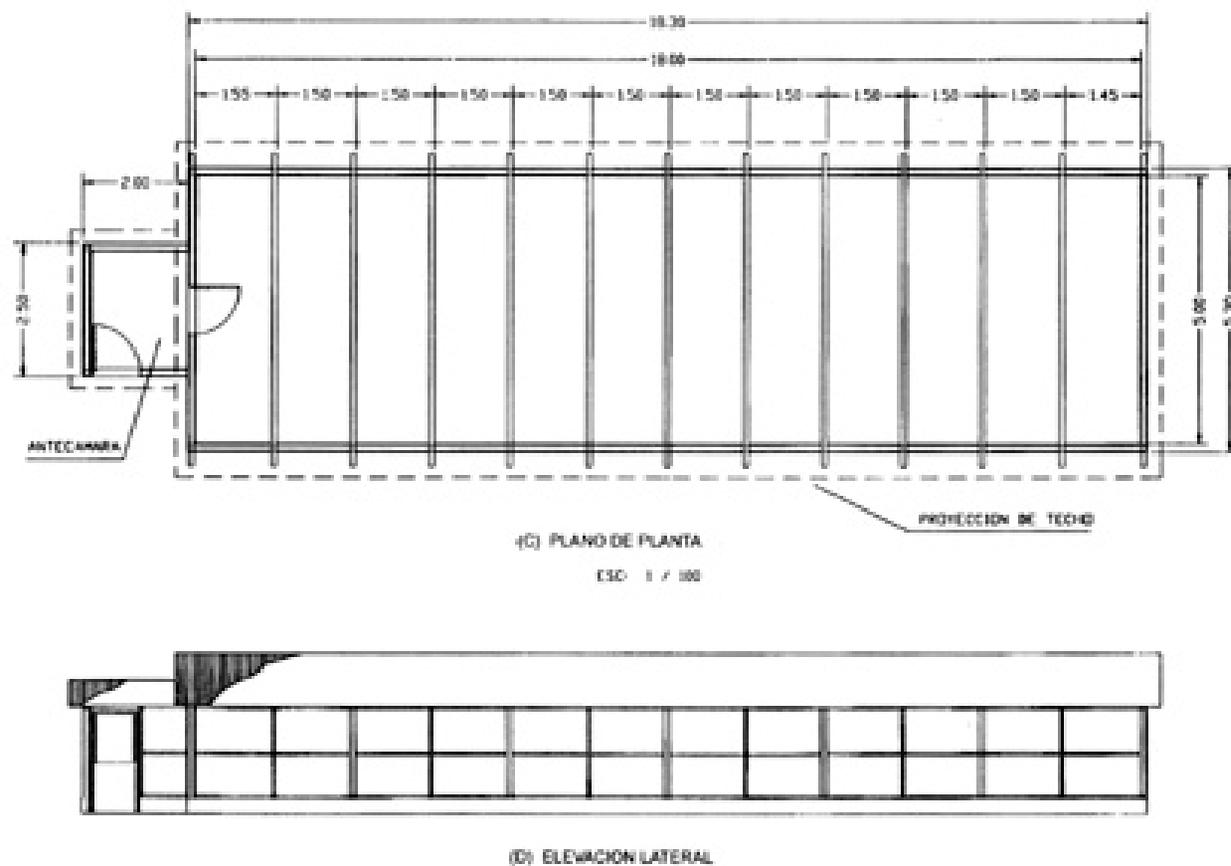


Figura 3 Modelo 2 (sin con cúpula) de invernadero construido en Huancayo (3, 280 msnm) para la producción de tubérculos-semillas de papa.

Cuadro 2 Costos de materiales para invernadero tipo bóveda*.Area: 16 x 4.8 = 76.8 m². Cambio: S/. 2.18.

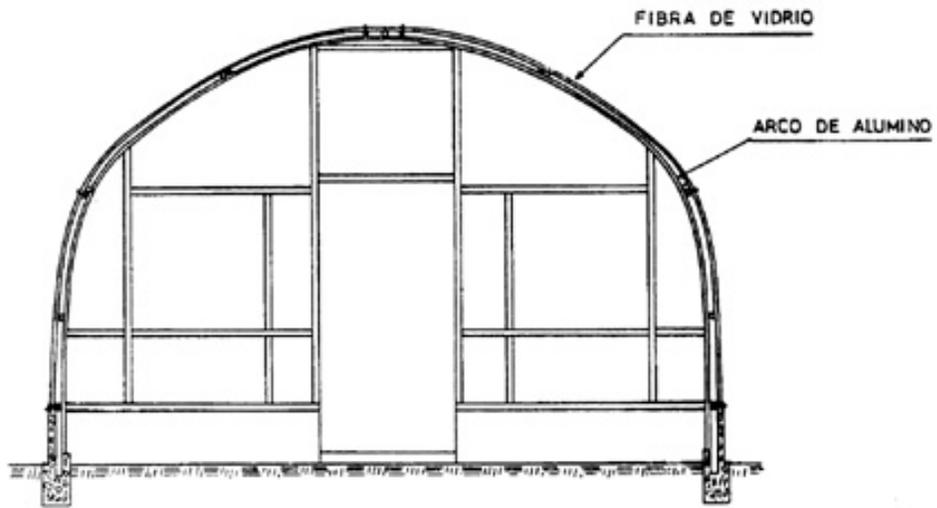
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Parcial
Madera tornillo 2"x3"x10' (25 Pzas.)	Pie ²	125	0.96	120.00
Madera tornillo 2"x2"x10' (50 Pzas.)	"	167	0.96	160.32
Madera tornillo 1"x8"x10' (26 Pzas.)	"	173	0.96	166.08
Malla Saran Screen 52 x 52	ml	10	11.91	119.10
Fibra de vidrio 14'4" largo	c/u.	28	57.55	1,611.40
Clavos para fibra de vidrio	c/u.	5	2.75	13.75
Cemento	bol.	17	5.28	89.76
Esponja para fibra de vidrio	c/u.	80	1.40	112.00
Clavos 3" y 2. 1/2"	kg	5	1.00	5.00
Arcos y tubos de fierro galvanizados	c/u.	21	4.45	93.45
Precio Total				\$ 2,490.80

*. No se incluye el material prefabricado de aluminio cuyo costo estimado es de US\$300.

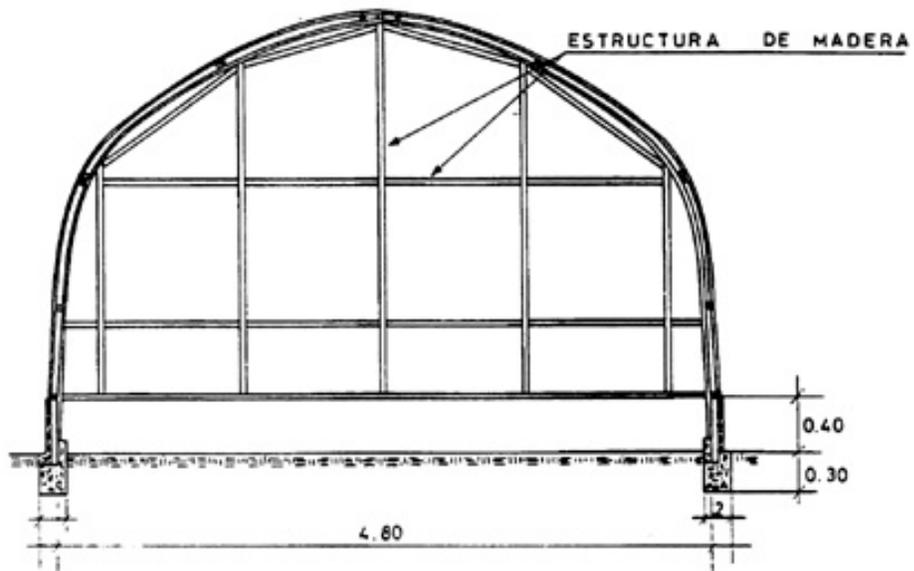
Registro de temperaturas.

Desde principios de septiembre se registran las temperaturas en cada uno de los tres modelos. La temperatura se registra cada hora, las 24 horas del día, a tres alturas diferentes (30, 80 y 170 cm). Las temperaturas registradas hasta mediados de octubre se indican en las Figuras 5 y 6; en la Figura 5 a 170 y 80 cm de altura y en la Figura 6 a 30 cm y en el día de mayor temperatura promedio en ese período. En el modelo 3 la temperatura a mediodía es mayor que en los otros dos modelos entre los cuales no hay mucha diferencia. No se nota el efecto de la cúpula debido posiblemente a que el ancho del invernadero es relativamente corto (5 m), pero debería tener mayor efecto cuando se acumule más aire caliente debido al incremento en el ancho del invernadero.

El modelo 3 es el de mayor temperatura de los tres propuestos, aun cuando se cubre con un sombreador negro. El mayor inconveniente de este modelo es que en días de baja luminosidad se oscurece aún más, lo que podría producir ahilamiento de las plantas. La ventaja del modelo 3 es que protege mejor en las horas mas frías del día (11 pm a 6 am).



(A) ELEVACION PRINCIPAL



(B) CORTE TRANSVERSAL (A-A')

ESC: 1/50

Figura 4 Modelo 3 de invernadero construido en Huancayo (3,280 msnm) para la producción de semilla sexual de papa.

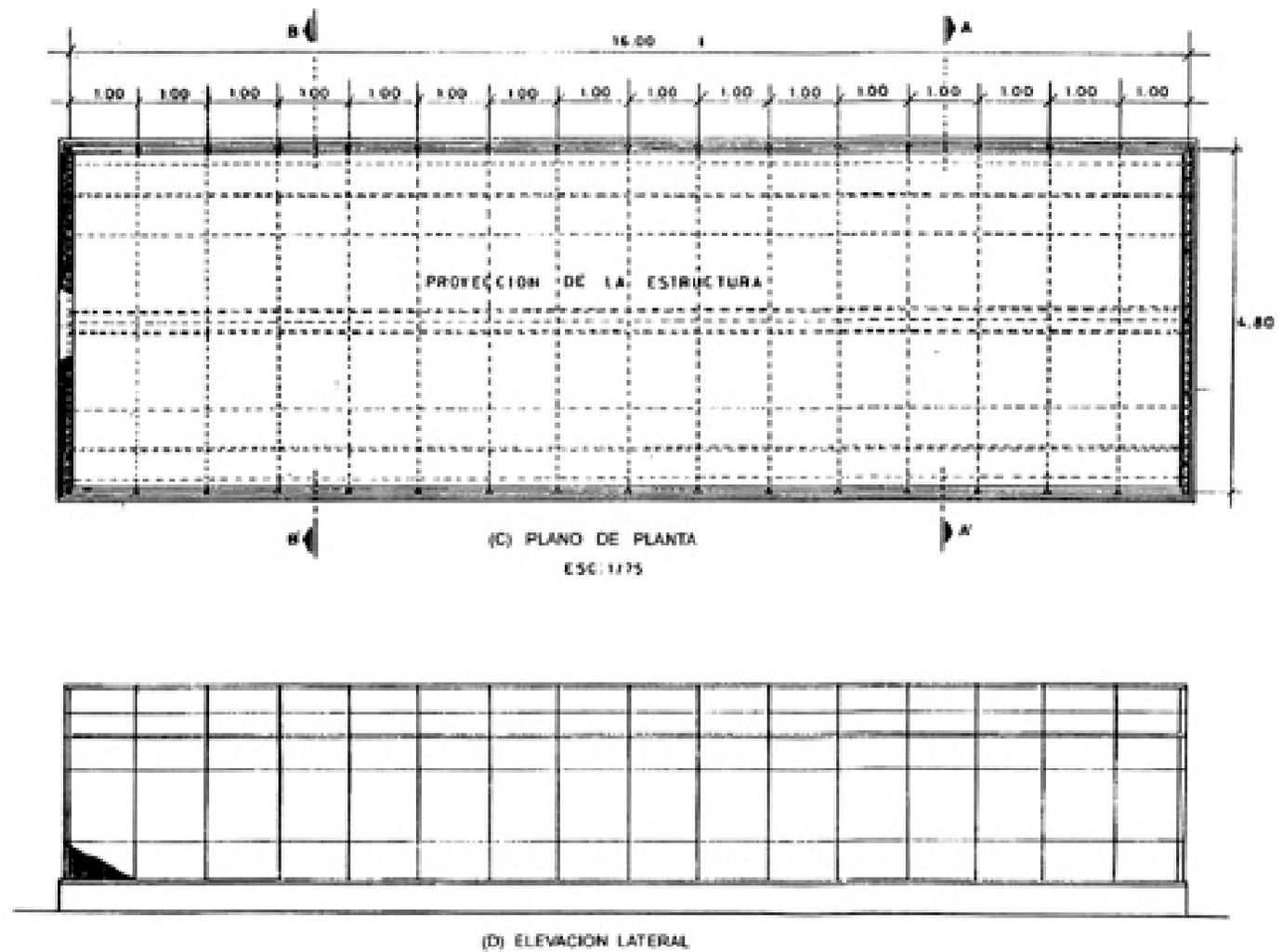


Figura 4a Modelo 3 de invernadero construido en Huancayo (3.280 msnm) para la producción de semilla sexual de papa.

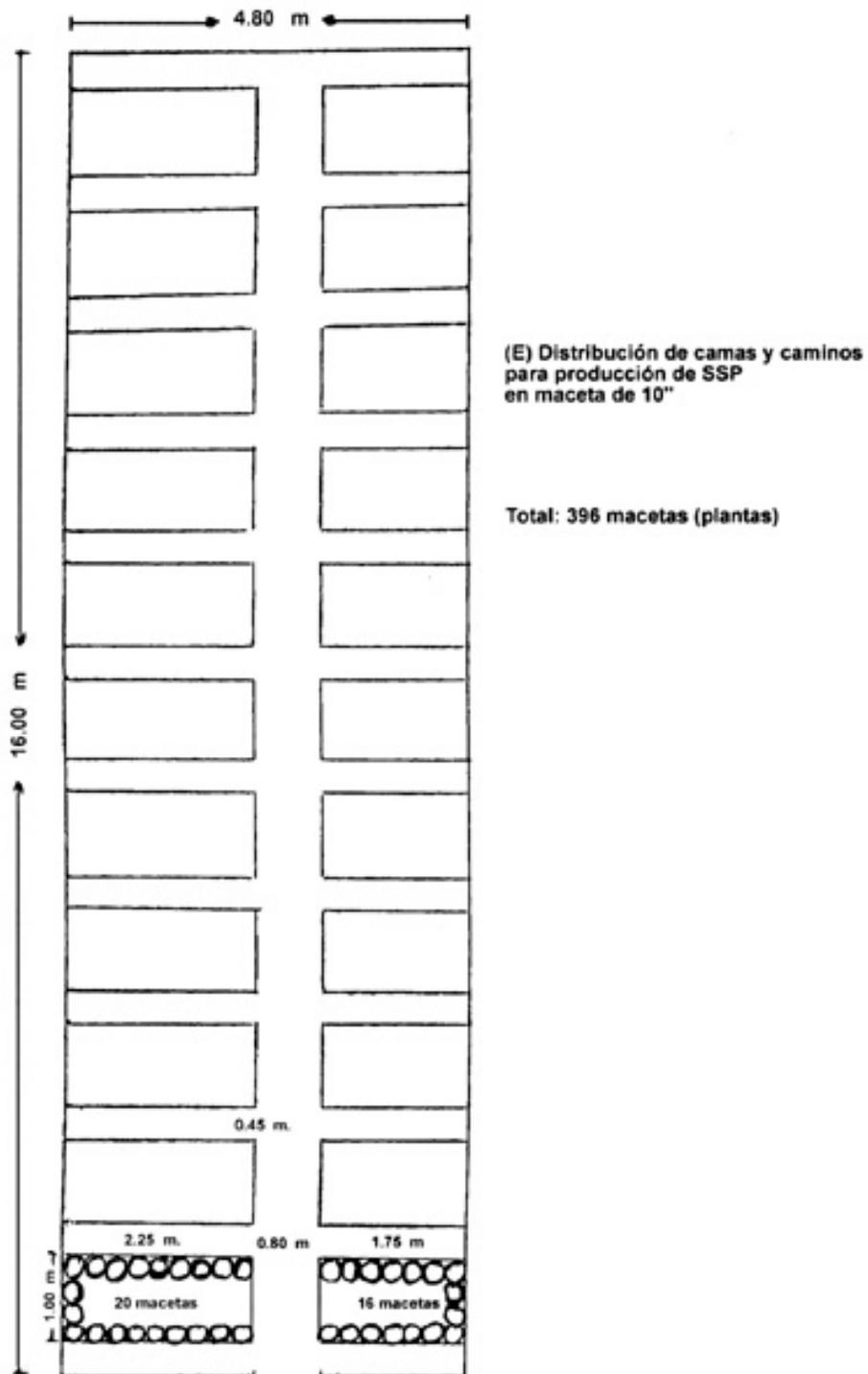


Figura 4b Modelo 3 de invernadero construido en Huancayo (3.280 msnm) para la producción de semilla sexual de papa.

PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCION DE INVERNADEROS

Para construir los modelos 1 y 2 se siguen los procedimientos que se indican a continuación. Para el modelo 3 el procedimiento es ligeramente diferente ya que usa para el techo material de aluminio que se proyecta hasta el piso.

1. Conseguir los materiales para la construcción: cemento, hormigón, piedra mediana, madera, fibras de vidrio, mallas, pinturas, etc.
2. Definir la orientación del invernadero (este-Oeste) y proceder a la nivelación y marcado del terreno para el cimiento.
3. Abrir las zanjas para el cimiento.
4. Tratar las maderas que irán fijas en el cimiento y sobrecimiento hasta una altura de 70 cm para evitar la pudrición.
5. Llenar las zanjas con una dosificación de concreto de 1:10 + 30% de piedras medianas y colocar las columnas de madera de 3" x 3" a una distancia de 3 metros entre sí (como se muestra en los planos adjuntos). Todas estas columnas deben estar completamente alineadas y niveladas.
6. Encofrado y desencofrado: Una vez seco el cimiento se procede a encofrar el sobrecimiento y al vaciado del mismo con una dosificación de concreto de 1:8 + 25% de piedra mediana; este sobrecimiento se hace para la proteger la madera contra las lluvias y la humedad. Se deben colocar taquitos de madera en el sobrecimiento con el propósito de poder fijar el terrado sobre el cimiento. Una vez seco el concreto del sobrecimiento se procede al desencofrado.
7. Construcción de tijerales: Los detalles de los tijerales se muestran en los planos. Se debe seleccionar la madera más resistente y recta para el armado de los tijerales. Los cortes de la madera tienen que ser exactos para una mejor rigidez del elemento.
8. Armar toda la estructura de los paredes con listones de 2" X 3".
9. Colocar los tijerales y listones para fijar las fibras de vidrio.
10. Una vez terminada de armar la estructura se procede a pintar con el propósito de no manchar las mallas y fibras de vidrio.
11. Colocar las fibra de vidrio con los clavos de aluminio y esponjas para sellar todos los huecos dejados por la ondulación de las fibras de vidrio. Las fibras deben estar traslapadas por lo menos en tres canales para un mejor sellado para evitar el ingreso de insectos o de la lluvia.

12. Colocar la malla antiáfidos en todo el perímetro del invernadero para los modelos 1 y 2 y en los frentes para el modelo 3. La malla se coloca con grapas disparadas por unas pistolas especiales y debe quedar bien templada.

13. Colocar las puertas y listones para proteger las mallas.

Ventilación: Elección del Extractor

La buena circulación del aire en los invernaderos es importante para mantener la temperatura uniforme apropiada. Los extractores pueden constituir una parte importante en el mantenimiento de la temperatura. Se pueden elegir las unidades más eficientes y con costos más efectivos. Esto significa tener una relación muy cuidadosa de los extractores que se ajusten a las necesidades de operación y con una localización adecuada. Entre los factores que se deben considerar para una buena elección del extractor están:

Capacidad e intercambio de aire.

Durante el período de más alta temperatura, la ventilación elegida debe tener un volumen de intercambio de aire por minuto a una altura de 3m (8 pies). Esto es, una capacidad de 8 pies cúbicos por pie cuadrado de piso (cfm en inglés). Este valor es suficiente para la ventilación básica de un invernadero en el verano. Durante el invierno, o en invernaderos sin uso, esta capacidad de aire puede ser reducida. Los ventiladores de dos velocidades con termostato de dos fases o controladores electrónicos pueden ajustar mejor la ventilación a las necesidades estacionales.

Ventilador y localización de la entrada de aire.

Para una operación más eficiente se deben ubicar los extractores de manera que ellos puedan extraer en la dirección del viento prevalente. Usualmente los extractores están instalados a un extremo del invernadero y las persianas del otro lado; sin embargo si el invernadero es más largo que 150 pies (45.72m), se colocan los extractores en uno de los costados y las persianas en el lado opuesto.

Un tamaño inadecuado del ingreso de aire es la razón más común para el mal funcionamiento de los extractores. El área de ingreso debe ser más grande que el área del extractor. John Bartok Jr., ingeniero agrícola y extensionista de la Universidad de Connecticut, recomienda que el área de persianas para el ingreso de aire sea al menos 1.25 veces más grande que el área del extractor, especialmente en aquellos invernaderos con cubiertas de plástico.

Los extractores y las persianas se deben colocar de manera que sus bases estén alrededor de 3 pies por encima del piso. Esto permite que el aire circule en dirección de y a través del follaje de la planta y no debajo de las mesas o a lo largo del tejado.

Exigencias del extractor.

El tamaño adecuado del extractor y el área de ingreso son las claves para conseguir la mejor circulación del aire. Para calcular el tamaño de los equipos que necesita, use las siguientes ecuaciones:

1) Tamaño del extractor. El extractor debe intercambiar un volumen de aire por minuto a una altura de 8 pies. Esto es, 8 pies cúbicos por pie cuadrado del área de piso.

Ejemplo: Capacidad en pies cúbicos/minuto (cfm)
= Área del invernadero x 8 =

$$\text{cfm} = 5,000 \text{ pies}^2 \times 8 = 40,000$$

No colocar los extractores a más de 25 pies de separación a un lado de la estructura del invernadero.

2) Área de persiana. El área de persianas (ap) debe ser 1.25 veces más grande que el área del extractor.

ap = Área del extractor x 1.25 veces más grande que el área del extractor

Ejemplo: Si usamos 2 extractores de 16 pies² (4 x 4 pies):

$$\text{ap} = [2 \text{ (extractores)} \times 16 \text{ pies}^2] \times 1.25 = 40 \text{ pies}^2$$

Calefacción

1. El calor suministrado en un invernadero debe estar en la misma proporción en que lo pierde, para mantener la temperatura deseada. El calor puede perderse de tres maneras: por conducción, infiltración y radiación.

· El calor es conducido directamente a través del material de cobertura en las pérdidas por conducción.

· En las pérdidas por infiltración, el calor es perdido como aire caliente que escapa a través de las aberturas en la cubierta.

· En las pérdidas por radiación, el calor es irradiado de los objetos calientes que están dentro del invernadero a través de la cubierta hacia los objetos más fríos de fuera.

2. Un sistema central de calefacción puede ser más eficiente que las unidades de calefacción localizadas en grandes instalaciones de invernaderos. En este sistema, dos o más calderos grandes están ubicados en un sólo lugar. El calor es transportado en forma de agua o vapor caliente a través de tuberías principales hacia el área de crecimiento.

3. Los sistemas de calefacción localizados son populares en pequeñas instalaciones de invernaderos debido al bajo costo inicial. En este sistema, pequeños calentadores con quemadores incorporados son instalados en cada invernadero a medida que se expanden las instalaciones. Finalmente, este sistema acarrea un mayor costo de mantenimiento que el sistema central.

4. Los calentadores de radiación infrarroja de baja intensidad están ganando popularidad debido a que permiten ahorros de 30% o más en combustible frente a los calefactores tradicionales. Varios de estos calentadores son instalados en tandem en el invernadero. Dado que las plantas y el sustrato son calentados directamente, es posible obtener menores temperaturas del aire.

5. Los equipos de emergencia son una necesidad y deben incluir una fuente de calefacción, como los calentadores a kerosene, así como un generador eléctrico. El generador debe instalarse de modo que se prenda automáticamente cuando haya un corte de energía eléctrica. La necesidad de calefacción debe asegurarse con el uso de una termo-alarma conectada a la casa del responsable de los equipos.

6. La distribución de la calefacción dentro de los invernaderos puede ser a través de serpentines de tuberías alimentadas con agua caliente o vapor proveniente del caldero central. Dos tercios de las tuberías son colocadas en las paredes laterales y en los extremos, y un tercio a través del invernadero de un extremo al otro. La tubería que cruza el invernadero contrarresta las corrientes frías y las manchas frías. La tendencia ahora es colocar la tubería debajo de las mesas, a lo largo y a un costado de las camas en el suelo, o en el piso para asegurar temperaturas calientes al medio de crecimiento. Ventiladores verticales se han usado con frecuencia, así como sistemas de flujo de aire horizontal. El sistema de tubos con ventilación es usado con el sistema de serpentines para reducir la gradiente vertical de temperatura, por el movimiento del aire caliente de la parte alta hacia la parte baja donde está el área de crecimiento.

Las unidades de calefacción de aire forzado, tanto los que tienen un quemador incorporado como las alimentadas con el calor de un caldero central, emiten aire caliente. El aire puede ser emitido hacia el invernadero de una manera horizontal. En los invernaderos donde la distribución es un problema, el aire puede ser emitido hacia un tubo de polietileno transparente que corre a lo largo del invernadero. El calor escapa del tubo a través de orificios ubicados a ambos lados del tubo en pequeñas corrientes, las cuales rápidamente se mezclan con el aire circundante y se establece un patrón de circulación que minimiza las gradientes de temperatura.

7. La ubicación del termostato es crucial. El termostato debe estar a la altura del punto de crecimiento de las plantas y en una posición que refleje el promedio de temperatura del invernadero.

8. El cálculo del requerimiento de calor de un invernadero debe hacerlo un especialista; sin embargo se dispone de tablas que nos permiten hacer un cálculo bastante aproximado de estos requerimientos.

9. El requerimiento de calor de un invernadero puede ser reducido por la instalación de una segunda cobertura de polietileno, por la reparación de vidrios rotos, ajustando los vidrios existentes o sellando los contornos, usando barreras de árboles para reducir la velocidad del viento, usando calentadores y calderos de alta eficiencia y haciendo un ajuste y limpieza periódicos de los calentadores o calderos.

BIBLIOGRAFIA

Langhans, Robert. 1980. Greenhouse Management. Third Edition. New York. 274 p.

Nelson, Paul. 1985. Greenhouse Operation and Management. Third Edition. New Jersey. 590 p.

Toovey, F.W. et al. 1967. Invernaderos comerciales. Zaragoza. 208 p.

Fascículo 5.1

Conceptos Básicos sobre la Producción de Semillas de Papa y de sus Instituciones

Oscar A Hidalgo

Introducción

Con la finalidad de uniformar criterios y entendernos más fácilmente al hablar sobre el tema de producción de semillas, es necesario discutir brevemente ciertos conceptos básicos; muchos de ellos serán tratados con mayor detalle en este Manual. Esto es particularmente importante durante los cursos de capacitación, en los cuales se presentan diversos temas en corto tiempo. Los conceptos básicos deben ser claros y haberse discutirse previamente.

Usar la terminología correcta, tanto al hablar como al escribir, debe ser una motivación constante. También es importante que los participantes en los cursos de capacitación entiendan el papel de las distintas instituciones que participan en el proceso de generación y transferencia de tecnología, así como en los aspectos de producción y control de calidad. Sin lugar a dudas, cada una tiene una función y deberá hacer la contribución para la cual está llamada. Entender y respetar el papel de las instituciones es conducirá a una vida más larga, con lo cual habrá una mayor sostenibilidad en el sistema productivo.

II. Definiciones Importantes

A continuación se presentan los conceptos sobre algunos temas que han dado lugar a controversias. En esta discusión no se pretende dejarlos definidos, pero si ayudar a aclararlos.

1. Semilla

En papa este concepto tiene por lo menos dos acepciones básicas, según el origen del material usado como “semilla”.

La **semilla sexual de papa (SSP)** se define como un óvulo maduro que consta de una planta embriónica, una fuente de alimento almacenado y una testa o cubierta protectora, la cual, de acuerdo con su viabilidad, podrá dar origen a una nueva planta. La SSP es el producto de la unión sexual de los gametos de dos plantas compatibles, por lo que cada semilla contiene un genotipo diferente. También se le conoce como “semilla botánica de papa o simplemente “semilla”. Se sugiere, sin embargo, usar el término semilla sexual de papa (SSP) y evitar el uso, a veces frecuente, de “TPS” que es la sigla en inglés de “true potato seed” ~.

El tubérculo-semilla, en cambio, corresponde a la parte de la planta (tubérculo en este caso) que se usa para la siembra. Otras partes de la planta también se usan como material de siembra —los esquejes y brotes enraizados. En este caso la denominación correcta debería ser esqueje-semilla o brote-semilla o los respectivos plurales.

Finalmente, en varias publicaciones se ha insistido en la necesidad de uniformar el uso del término “tubérculo-semilla o el plural, “tubérculos-semillas” en vez del uso tradicional de simplemente “semilla” o “semillas”. Tubérculo-semilla es un compuesto imperfecto, cuyo mensaje subyacente es “tubérculo que es empleado en lugar de la semilla”. Se compone de dos sustantivos, uno masculino y otro femenino. Como tal, forma el plural en ambos términos (lo mismo que camión-tiende, por ejemplo) y los adjetivos que lo acompañan van en masculino (tubérculos-semillas importados, camiones-tiendas renovados). Es incorrecto por lo tanto decir “tubérculos-semilla”.

El término semilla debe ser reservado para referirse al material sembrado para reproducción gámica. Tubérculo-semilla, esqueje-semilla o brote-semilla en cambio, deberán ser reservados para referirse al tubérculo, esqueje o brote, respectivamente producidos o usados en la reproducción agámica. Sus comentarios serán bienvenidos y esperamos que, gradualmente, entre todos, lleguemos a mantener el uso sistematizado de estos términos (Hidalgo y Rincón, 1989).

Semillas comerciales de papa. Es importante expresar el significado real y completo que tiene el término semilla desde el punto de vista comercial. Una buena semilla de papa o una semilla de calidad (tanto la SSP como el tubérculo-semilla) debe tener los siguientes atributos:

- Pertenecer íntegramente a la variedad que se anuncia.
- Tener bajos niveles de enfermedades o plagas. La SSP debe estar libre de las dos enfermedades transmitidas por a semilla.
- Ester en buenas condiciones fisiológicas para producir nuevas plantas.
- Tener un tamaño apropiado (tamaño semilla).
- Ester disponible a precio razonable, y
- Ester disponible para la siembra en el momento de su mayor demanda.

2. Siembra, Plantación y Trasplante

Es común y correcto decir que se siembra, tanto la SSP como las otras partes que se usan como semilla (tubérculos-semillas, etc). También es correcto decir que las partes vegetativas usadas como semilla se plantan en el suelo, como también es correcto hablar de trasplantar plantas que provienen de SSR o esquejes o brotes usados como semilla. Estos términos generalmente se usan adecuadamente, pero se indican aquí para uniformar criterios.

3. Germinación. Brotación y Emergencia

Se denomine germinación el fenómeno por el cual la planta sale del germen —donde el germen es el “principio simple y primitivo del que se deriva todo ser viviente (óvulo, embrión, espora, etc.)”. También se define al germen como la parte de la semilla que ha de formar la planta. La SSP por lo tanto germina.

También sería correcto decir que el tubérculo-semilla “germina” dado que como “semilla” estaría dando lugar a una planta. Esta forma de expresar otro fenómeno del tubérculo-semilla, sin embargo, no es el que se acostumbra. Más bien se dice que el tubérculo-semilla brota una vez que ha pasado el periodo de reposo normal que tienen la mayoría de los tubérculos. En resumen, se dice que la semilla (SSP) germina y el tubérculo-semilla brota y ambos emergen o salen del sustrato o suelo donde se sembraron.

4. Variedad, cultivar y clan

A continuación se indican con comillas (“3 las definiciones oficiales del Código

Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas (CINPC, 1 969), en relación con estos términos.

Cultivar. Construcción del término “cultivated variety” (variedad cultivada). Este término es diferente al de “variedad botánica”. Se abrevia como cv. o CV

Se define como “conjunto de plantas cultivadas que se pueden distinguir por sus caracteres morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos, etc., y los cuales, cuando se reproducen (sexual o asexualmente), mantienen sus características diferenciales.” (111.2.o.003).

Variedad. Es una “subdivisión de una clase (por ejemplo, papa maiz que es distinta, uniforme y estable.” (III. 2.0.005a). Variedad y cultivar se consideran términos equivalentes de acuerdo al CINPC de 1969 (III. 2.o. 005a).

A las progenies de SSR, pese a ser una población de individuos donde cada semilla tiene un genotipo diferente, se pueden también categorizar como variedades o cultivares, dado que el CINPC indica que los individuos pueden mostrar diferencias genéticas, pero tienen una o más características por las que pueden diferenciarse de otros cultivares parecidos o de diferentes orígenes. Este es el caso de las progenies de SSR, las cuales como población muestran uniformidad, resistencia y otras características peculiares.

Clon: “individuos derivados por propagación vegetativa o apomixis de; un individuo (padre) original. (111.2. o. 002). En papa este término se emplea en dos formas principales: Los mejoradores identifican como “clones” a los individuos dentro de una misma familia, donde cada uno de ellos es un genotipo definido que permanecerá así en el tiempo. En la producción de semilla en cambio, se denomina don a un individuo o planta dentro de una misma

variedad o cultivar que presenta buenas características de tipo de planta y sanidad dentro de una misma población genéticamente uniforme. En el sistema de producción de semilla que se denomina "sistema clonal" los lotes de semillas son el producto de la multiplicación vegetativa sucesiva ("clonal") de una planta originalmente elegida como "clon".

Sistemas Formales y Tradicionales de Producción de Semilla

La mayor parte de las semillas de papa, y principalmente los tubérculos-Semillas que usan los agricultores de la mayoría de los países en desarrollo, provienen del sistema tradicional. Bajo este sistema los agricultores usan tubérculos que no siempre tienen las características deseables de una "buena semilla" y no hay ninguna garantía de que el insumo que se usa tenga buena calidad comercial.

También forman parte del sistema tradicional aquellos agricultores que guardan su propia semilla para la campana(s) siguiente(s). En los países andinos es común que los pequeños agricultores separen los tubérculos más pequeños y aquellos de menor calidad comercial para usarlos como semilla en la siguiente estación de cultivo. Los tubérculos pequeños generalmente provienen de plantas enfermas o son aquellos que se han formado más recientemente en plantas que han estado expuestas por más tiempo a la transmisión de enfermedades sistémicas.

Los agricultores paperos generalmente vuelven a usar como semilla los tubérculos cosechados en la campana anterior, especialmente silos tubérculos iniciales proceden de una semilla de calidad (certificada o no). Los agricultores guardan los tubérculos-semillas para el ciclo siguiente, según a tasa de renovación predominante (número de años que el agricultor vuelve a comprar nuevas semillas una vez que considera que las que está usando están "degeneradas y no conviene más seguir usándolas como semilla").

En los países en desarrollo el mayor porcentaje (más del 90%) de los tubérculos semillas que se usan en la producción de papa provienen del sistema tradicional. Los bajos rendimientos promedio que se obtienen en estos países se atribuyen especialmente a la falta de uniformidad en la calidad de los tubérculo-semilla que se usan. Dadas las condiciones de altura (>3000 msnm) o de aislamiento algunas de estas semillas son de buena calidad debido a la baja 'degeneración que ocurre en estas zonas, muchas otras sin embargo son de muy baja calidad lo que provocan los bajos rendimientos.

Lo contrario ocurre en los países desarrollados donde la mayoría de los agricultores usan semillas certificadas que han sido producidas bajo un sistema formal y de calidad uniforme. Estos agricultores usualmente obtienen altos rendimientos.

En el sistema formal los tubérculos-semillas provienen de campos especialmente destinados para producir las categorías aceptadas por la ley en el proceso de certificación. En un sistema formal hay normas y reglamentos que rigen y determinan la aptitud como semillas del material producido. En la figura 1 se indica el esquema general del proceso moderno de producción de tubérculos semillas mayormente en el sistema formal, los productores de este insumo y especialmente los de categorías altas (prebásica y básica) son agricultores especializados que también están autorizados a producir semillas. Los tubérculos-semillas de papa que algunos países exportan provienen del sistema formal controlado por el proceso de certificación.

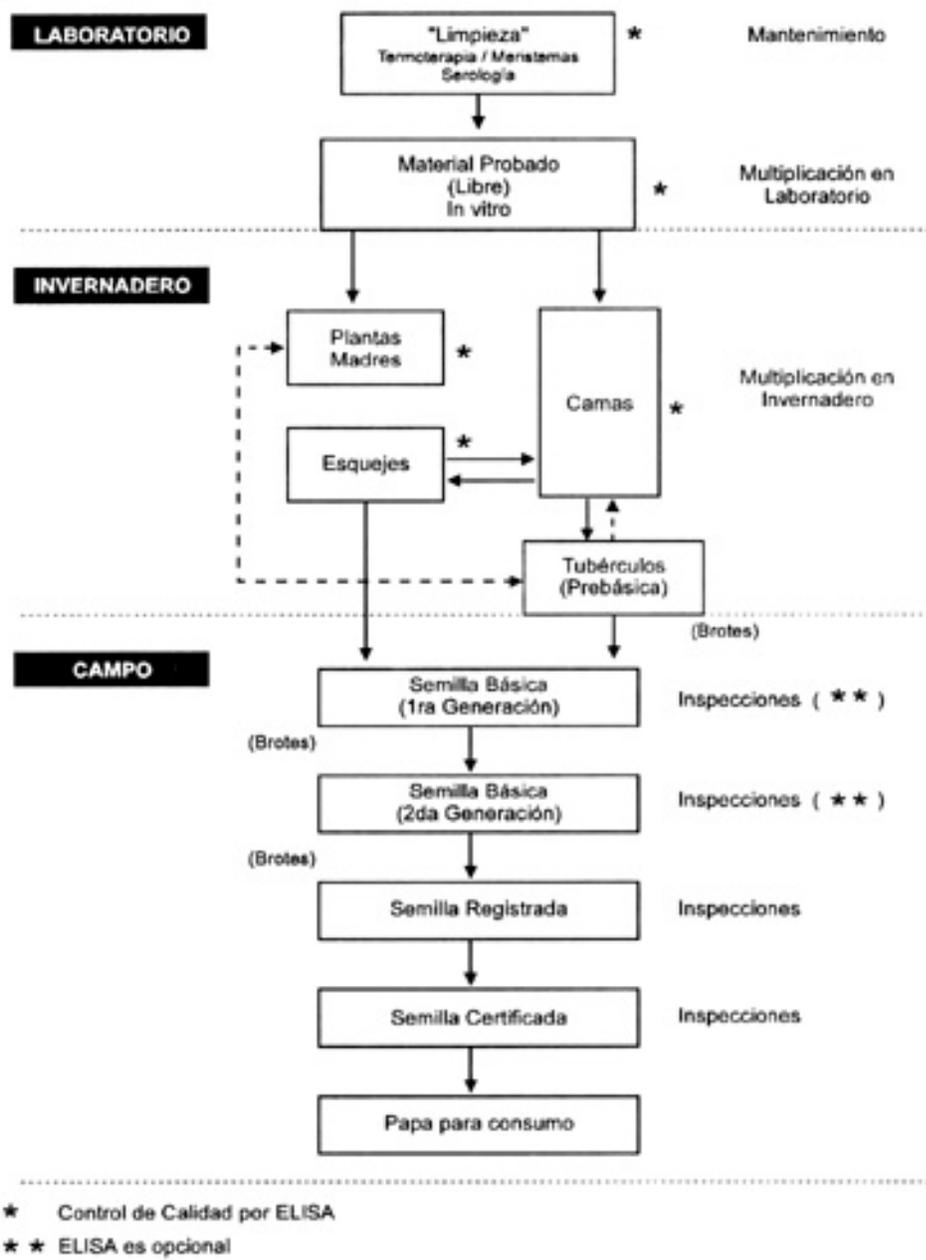


Figura 1 Esquema general del Proceso Moderno de producción de tubérculos - semillas de papa

En algunos países en desarrollo donde coexisten ambos sistemas de producción los sistemas tradicionales compiten fuertemente con los sistemas formales, especialmente porque ofrecen un producto de menor precio, pero no necesariamente de buena calidad. Como ejemplo se muestran los datos de un trabajo llevado a cabo por el programa chileno de papa en el que se recolectaron muestras de tubérculos-semillas de la llamada semilla "corriente", producida también en la zona de producción de semillas (Región X), sin participación del programa de

certificación. El Cuadro 1 resume estos resultados.

Cuadro 1 Comparación de tubérculo-semilla «corriente» (sistema informal) y certificado (sistema formal) expresada en número de muestras (%) de semilla «corriente» que tuvieron un comportamiento superior o inferior al de la semilla certificada 2, Osorno, Chile.

«Corriente» de: comprtamiento:	Muestras (%)			
	Población de plantas	Pureza varietal	Virosis grave[* **]	Rendimiento (t/ha)
Superior				
cv. Ultimus	35.7	28.6	7.1	28.6
cv. Desirée	19.0	4.8	0.0	14.3
Igual o inferior				
cv. Ultimus	64.3	71.4	92.9	71.4
cv. Desirée	81.0	95.2	100.0	85.7
Comportamiento real de la Certificada 2				
cv. Ultimus	94.6 %	100 %	3.1	46.2
cv. Desirée	95.8 %	100 %	0.0 %	44.7

Fuente: INIA. 1985. Informes internos del Programa de Papa. Estación Experimental Remehue.

* Categoría más baja en el sistema formal

** PLRV y mosaicos

Estos resultados nos indican que algunas semillas producidas por el sistema informal o tradicional son tan buenas como o aún superiores que las semillas del sistema formal o de certificación: La mayor parte de las muestras, sin embargo, tuvo un comportamiento igual o inferior a las de origen certificado. El problema es que no hay forma de saber cuál de ellas es de buena calidad y cual no. El usuario de a semilla tradicional deberá conocer la calidad con que produce su proveedor y no adquirir las semillas sin conocer los antecedentes que le permitan tomar una buena decisión. Lo más seguro es adquirir semillas garantizadas por el servicio de certificación.

La mayoría de los países donde se produce papa cuentan con lugares especiales donde se produce semilla certificada y por supuesto también la semilla informal de buena calidad; son las zonas más altas en los países que tienen montañas. Los lugares menos accesibles o los Mohs aislados. En el caso de los países andinos los tubérculos-semillas se han producido bajo el sistema tradicional son de buena calidad. Las zonas altas pueden mantener la calidad de la semilla, no así las zonas más bajas que dependen de la producción de las "zonas semilleras". En el Cuadro 2 se reproduce una parte de los resultados de las pruebas realizadas en campos de agricultores, en las que se comparó la semilla del agricultor (informal o tradicional) con la semilla de origen certificado (formal). En los lugares altos de Colombia, como Boyacá, donde usualmente se producen los tubérculos-semillas en ambos sistemas, pero donde también se realiza la producción comercial para consumo, las diferencias

entre ambos tipos de semilla fueron mínimas, pero aun a favor del sistema formal. En las regiones progresivamente más bajas, como Nariño, Cundinamarca y Antioquia, as diferencias fueron mayores debido a que estas zonas son menos aptas para la producción y principalmente para el mantenimiento de las semillas bajo el sistema informal. El impacto de los tubérculos-semillas certificados en las zonas bajas fue mucho mayor que en las zonas altas. Estos datos confirman, una vez más, el concepto básico que las semillas se producen mejor en las zonas altas. Este es también el caso de Perú y Bolivia donde los tubérculos-semillas que se producen en las zonas altas se usan con éxito en la costa central o en los valles mesotérmicos más bajos, respectivamente.

Cuadro 2 Comparación de semillas certificadas (sistema formal) con las semillas del agricultor (sistema informal) en cuatro regiones de Colombia. Promedios de pruebas de 1991 y 1992.

Región	Altura	Variedad	Rendimiento (t/ha)			
			Certific ¹	Agric ²	Dif.	Increment.
Boyacá	3200	Pastusa	26.1	25.0	1.0	4.0
Nariño	2700	Pastusa	35.8	31.5	4.3	13.6
Cundinamarca	2600	Pastusa	15.6	12.8	2.8	21.9
Antioquia	1900	Puracé	0.7	17.7	13.0	73.0
		Capiro	15.0	15.5	(0.5)	(3.2)

Fuente: Informe de proyecto ICA/CIP, 1992. Bogotá, Colombia.

¹ Semilla certificada de Boyacá

² Semilla común del agricultor

Componentes Básicos de un Programa Formal de Producción de Semillas

Un programa eficiente de producción de semillas es el producto de la interrelación de factores que finalmente permiten a los usuarios disponer de un producto de buena calidad, a un precio razonable y en el momento oportuno. Un programa de semilla se construye y se mantiene por el esfuerzo de sus componentes y principalmente por el interés y deseo de las personas que integran las instituciones vinculadas al programa.

Tanto para la producción de tubérculos-semillas como para la más reciente industria de producción de SSP se requiere que se integren por lo menos las siguientes componentes:

1. Fuentes de generación y transferencia de tecnología. Un programa de producción de semillas se nutre y se enriquece con los resultados de las investigaciones sobre el cultivo en general. Es necesario, sin embargo, que se lleven a cabo también trabajos de investigación que ayuden a superar los factores limitantes específicos que enfrenta una rama tan especializada de la producción como es la de las semillas. Generalmente los trabajos de investigación son llevados a cabo por las instituciones oficiales del estado como institutos, universidades o por estaciones experimentales privadas. A continuación se mencionan solo algunas de las áreas en las que es importante realizar investigaciones:

- Generación / selección de variedades a progenitores
- identificación y detección de patógenos
- Estudios epidemiológicos / transmisión

- Métodos de prevención y control
- Métodos de producción de semilla
- Estudios socioeconómicos relacionados

Los resultados deben ser transferidos a los colegas y usuarios por medio de las formas más comunes y eficientes que tienen las instituciones para este tipo de trabajo. Los científicos, técnicos, productores y comerciantes que trabajan en el desarrollo de un programa de semillas deben reunirse por lo menos una vez al año para intercambiar experiencias, aprender unos de otros y mejorar así a producción.

2. Fuente(s) de producción de semilla. Las variedades que se usan actualmente o que se usarán en un futuro cercano deben estar libres de patógenas y mantenerse así. Una o más instituciones especializadas deben tener la capacidad para llevar a cabo la "limpieza" de las variedades, así como su mantenimiento. Porque éste es un trabajo muy especializado, generalmente es llevado a cabo por una institución de investigación nacional o por una institución similar de carácter internacional, como es el caso del CIP. Las empresas privadas participan cada vez más en estas actividades. La institución que mantiene estos cultivos debe proporcionar a los usuarios los cultivos in vitro a los tubérculos de las variedades que ellos necesitan.

A partir de estas fuentes primarias de material de alta sanidad, generalmente mantenidas in vitro, se producen las categorías iniciales dentro del esquema formal de producción; a esta categoría se le denomina semilla prebásica, que es de la más alta sanidad y pureza, a partir de la cual se generan otras categorías por multiplicaciones sucesivas, dentro del proceso de producción. Las organizaciones del sector público o privado llevan a cabo estas actividades como parte de sus actividades comerciales.

Ha sido muy común en el pasado que las instituciones públicas inicien y mantengan procesos productivos que nos competen, especialmente para la producción de semilla prebásica, bajo el argumento de promocionar una actividad o servicio. Aún persiste en algunos países, por mandato de la ley, que las semillas prebásicas y básicas sean producidas exclusivamente por los organismos del Estado. El éxito de estas empresas ha sido parcial y en este caso se puede atribuir a la capacidad gerencial de algún funcionario y a la flexibilidad con la que éste ha podido actuar. Su acción está generalmente restringida por los pocos recursos disponibles y por las limitaciones propias del sector público. La actividad promocional debe ser limitada y estar orientada principalmente a motivar al sector privado que le corresponda hacer la actividad.

Es muy importante que hayan agricultores o instituciones especializadas en la producción de las categorías más altas porque su producción requiere un mayor grado de especialización. Este debería ser también el caso de la producción de SSP.

3. Empresas o asociaciones productoras comerciales de semilla. La multiplicación sucesiva de las categorías siguientes dentro del esquema de certificación la llevan a cabo empresas o agricultores privados agrupados en Asociaciones de Productores. Estos empresarios tienen la tremenda responsabilidad de aumentar en forma segura y con la mayor eficiencia posible las semillas disponibles.

4. Agencia / Institución para el control de calidad. En el caso de la producción de tubérculos-semillas, una forma de multiplicación vegetativa, un factor limitante es que la tasa de multiplicación es relativamente baja (1 a 1 o como

máximo), por lo que hay que hacer varias multiplicaciones sucesivas para alcanzar volúmenes más grandes. Además, a través de la multiplicación vegetativa se perpetúan ciertas enfermedades transmisibles que es necesario prevenir, identificar o erradicar, según sea el caso. En un proceso largo de multiplicación se necesitan métodos rápidos y eficientes para controlar la calidad de los tubérculos-semillas producidos. En estos casos la tasa de multiplicación aumenta pero también el riesgo de diseminar enfermedades transmisibles mecánicamente. Por lo tanto, a necesidad de controlar más estrechamente la calidad se hace más imperativa cuando se usan procedimientos o métodos de multiplicación acelerada para la generación de semilla prebásica o básica.

Por estas consideraciones es necesario llevar a cabo pruebas de control de calidad. En las primeras categorías, y principalmente a nivel de material inicial in vitro y en la producción de semilla prebásica, estas pruebas deben ser hechas internamente y con el mayor rigor por la misma entidad productora de estas semillas. En el caso de multiplicaciones de campo en el sistema formal, el control de calidad la lleva a cabo un organismo, público o privado, encargado de la certificación. Este proceso es importante para garantizar que el productor cumpla las normas y reglamentos de producción de semillas de calidad. Este servicio, bien conducido, establece la diferencia principal entre el sistema formal y el informal. Tradicionalmente este servicio ha estado en manos del Estado, para salvaguardar los intereses de los usuarios; sin embargo, en muchos países en desarrollo no ha estado bien establecido y por lo tanto no ofrece muchas ventajas ni es atractivo para el productor. En los países desarrollados es una parte fundamental y una garantía del buen funcionamiento del sistema de producción de semilla.

Estos cuatro componentes básicos constituyen los pilares fundamentales de un programa de producción de semillas. La ausencia de uno o más de ellos hará que la eficiencia en la producción de un producto de buena calidad se sea seriamente afectada. Este conjunto de componentes debe ser manejado por personal capacitado e idóneo para llevar a cabo las funciones propias de su actividad y, lo que es más importante, el trabajo de cada uno de los componentes debe ser complementario. El trabajo en equipo tendrá un efecto sinérgico en la solución de los problemas y aumentará la eficiencia de la producción de semillas de un país o región.

Algunos Aspectos Técnicos Básicos Adicionales que Influyen en la Producción y Comercialización de las Semillas

A continuación se mencionan y se discuten brevemente algunos aspectos básicos adicionales que tienen que ver con la producción y comercialización de las semillas. Aunque estos temas serán analizados con mayor profundidad en los temas específicos del Manual de Semillas, así como en los cursos de capacitación, es importante analizarlos brevemente al inicio del curso con el fin de estandarizar conceptos y conocimientos.

1. Zonas de producción

La producción de semillas (SSP a tubérculos-semillas) debe hacerse en ambientes que sean favorables para la producción de papa. Sin embargo, no todos los lugares apropiados para producción de papa la son para producir semillas. Las zonas de producción de semillas deben reunir ciertos requisitos básicos relacionados con el

aislamiento, altitud (altura sobre el nivel del mar), latitud, ausencia de factores limitantes como plagas y enfermedades, facilidades para la rotación, acceso a los caminos, etc. La conjunción de estos factores, y no cada uno individualmente, hacen que una zona sea más a menos propicia para la producción de semillas.

Aislamiento. Este factor es muy importante debido a que el aislamiento del lugar de producción puede evitar el ingreso de plagas a enfermedades a mantener el lugar libre de factores adversos. La ideal es que una zona sea dedicada exclusivamente para producir semillas. Ejemplos reales de éxito de lugares o regiones dedicados con exclusividad para producir tubérculos-semillas son el Valle de Toluca en México, la Isla Príncipe Eduardo en Canadá, la zona sur de Holanda, Malargue y Tafi del Valle en Argentina, la Xma Región de Chile, etc.

Altitud. Los lugares elevados sobre los 3,000 msnm, usualmente son los más propicios para producir tubérculos-semillas, no sólo por el aislamiento natural sino también por que a esta altitud pocos cultivos pueden progresar con éxito; esto disminuye la posibilidad de contaminación y la presencia de vectores de enfermedades. En los países andinos este fenómeno ha sido muy bien documentado. En el Cuadro 2 se puede notar el efecto de altitud en la calidad de la semilla producida en la zona de Boyacá, Colombia. Otros resultados también de Colombia (Cuadro 3) demuestran las bondades de las zonas de altura de páramo para la producción de tubérculos-semillas.

En las zonas altas la presencia de vectores es menor y por eso también la incidencia de enfermedades virales es menor, lo cual se refleja en el rendimiento. En el ejemplo del Cuadro 3, las zonas media y baja no serían las más apropiadas para multiplicar semillas, pero si las zonas altas a de páramo.

Es importante aclarar que el solo hecho de conducir semilleros en zonas de altura no garantice la producción de una buena semilla. Sin duda, la altitud ayuda o facilita, pero también es necesario seguir todas las normas y principios para la producción de semilla.

Cuadro 3 Influencia de la altura en la altitud para producir tubérculos-semillas de papa, determinada por la presencia de vectores, incidencia de virus (acumulado de PVX, PVS, PVY y PLRV) y rendimiento (Sánchez et al., 1991).

Zona	Altitud	Testigos/Infección natural				Rendimiento (t/ha) ²		Disminución de rdt. (%)	
		Afidios vectores No. de Al/Ap ¹		Incidencia de virus (%) ²		1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Semestre:		1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a
Páramo	3200	0.1/0	0.7/0	1/18	27/30	25.7/25.8	26.4/25.6	0	3
Media	2600	7.0/5	32/0.3	4/34	22/46	16.6/14.1	17.2/12.1	14	30
Baja	2000	39/1	5.3	12/69	8/87	27.0/13.6	18.3/11.0	50	40

¹ Al/Ap = alados/ápteros

² Promedio de cuatro variedades después de dos generaciones sucesivas de cultivo en los campos con infección natural y la primera generación en el testigo (testigo/infección natural)

Latitud. Generalmente las regiones situadas en latitudes extremas (mayor de 40° N o S) son más apropiadas para a producción de tubérculos-semillas. Es mejor aún si las zonas de estas latitudes están aisladas o dedicadas

exclusivamente para a producción de semilla tal como se mencionó al discutir el factor aislamiento.

Las latitudes extremas son favorables principalmente porque tienen estaciones muy marcadas donde el invierno también tiene temperaturas extremas que reducen a presencia de plagas, enfermedades y fuentes de contaminación. Igualmente, a estas latitudes los vectores no están presentes, o si están, en número es muy reducido al inicio del periodo de cultivo. Algunas veces aumentan cuando llega verano debido a las migraciones de los lugares donde hibernan. Este es el caso de las zonas productoras de tubérculos-semillas de Holanda; los vectores migran desde el Sur (España, Francia, Bélgica, etc) y cuando llegan a Holanda el cultivo ya ha completado gran parte de su ciclo, donde se procede a eliminar el follaje para evitar la transmisión. En Chile la presencia de vectores disminuye conforme aumenta la latitud (Figura 2). La zona de producción de tubérculos-semillas y de **SSP** está entre 40 y 45° S. En Malargüe, Argentina, zona productora de tubérculos-semilla localizada a 35°.37° S se observan dos picos bien marcados (Figura 3) (Ortego, 1991), uno corto (máximo de 40 alados de *M. persicae* por semana) a principios de diciembre, en el que se deben tomar las precauciones del caso, y otro mucho más prolongado, desde principios de marzo, que puede llegar hasta 110 alados del mismo vector por semana. Este último pico se puede evitar más fácilmente, ya que para esa fecha el cultivo ha terminado su ciclo.

Ausencia de factores limitantes: Las zonas de producción deben estar libres de problemas que pongan en peligro a producción, por ejemplo enfermedades, causadas por bacterias y nematodos u otras producidas por hongos transmitidos por el tubérculo-semilla. La marchitez bacteriana causada por *Pseudomonas solanacearum* es una de las enfermedades más limitantes por su forma de transmisión y por los severos daños que ocasiona. Esta enfermedad puede arruinar fácilmente una zona de producción de semilla. Las zonas más expuestas a las heladas u otros factores abióticos adversos también deben evitarse al elegir una zona de producción. Finalmente, la zona o región productora debe tener una extensión suficiente para llevar a cabo rotaciones de cultivos por periodos largos.

La zona de producción de semillas debe ser escogida tomando en cuenta estos y otros factores. También es importante que las zonas productoras sean protegidas evitando tanto el mal manejo del cultivo y la introducción de problemas patológicos que puedan impedir que una zona sea apropiada para la producción de semilla.

2. Precocidad y periodo vegetativo

Estos factores están muy ligados al genotipo (variedad): ambos se pueden modificar ligeramente por el manejo de la semilla o con algunas prácticas de campo. Cuanto menos tiempo esté en el campo un cultivo, menor será el riesgo de contaminación. Los materiales precoces son cosechados más temprano en la estación, aunque en las variedades tardías el ciclo puede reducirse eliminando el follaje, una vez que los tubérculos han alcanzado el tamaño semilla, aun cuando el cultivo no haya llegado a su completa madurez. A continuación se indican en forma resumida los factores que influyen en la maduración precoz o tardía de las plantas de papa.

Precoz (temprana)

- Variedad: poco follaje
- Semilla fisiológicamente vieja
- Baja fertilización nitrogenada
- Alta densidad de plantación
- Baja humedad del suelo
- Baja temperatura
- Alta intensidad luminosa
- Días cortos

Tardía

- Variedad: mucho follaje
- Semilla fisiológicamente joven
- Alta fertilización nitrogenada
- Baja densidad de plantación
- Alta humedad del suelo
- Alta temperatura
- Baja intensidad luminosa
- Días largos

La Figura 3 muestra un diagrama de la relación entre el peso del follaje y de los tubérculos en materiales precoces y tardíos.

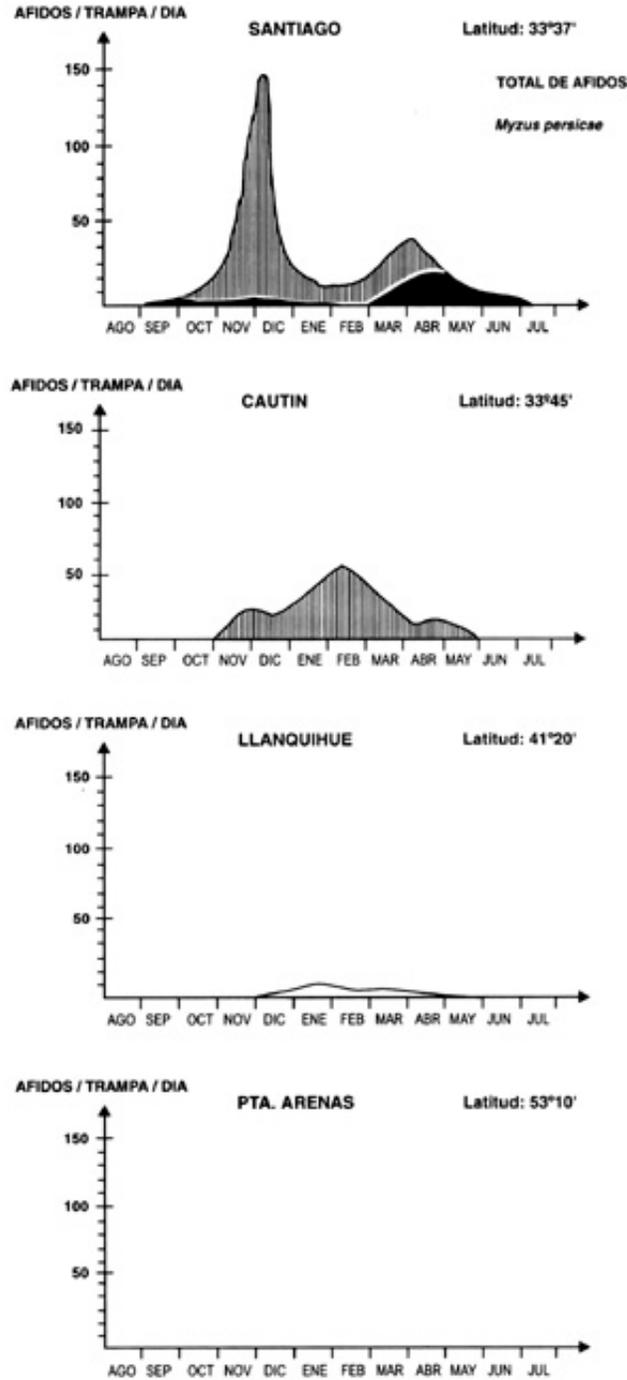


Figura 2 Actividad de los áfidos en diversas regiones de Chile, promedio de tres años (Monares et al., 1988).

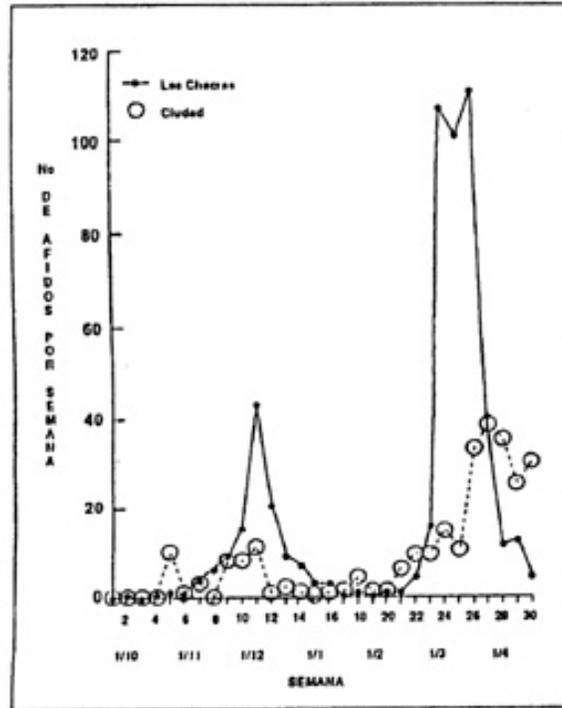


Figura 3 Actividad de *Myzus persicae* en dos localidades de Malargüe (Ciudad y Las Chacras) medida en capturas semanales en TAA. Fuente: Ortega, 1991.

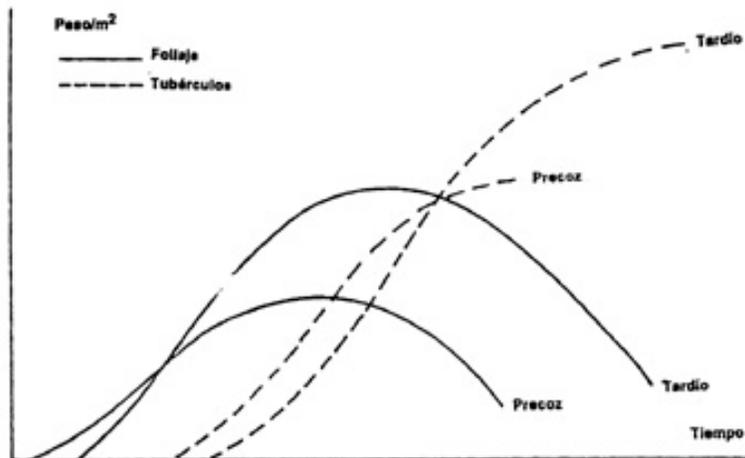


Figura 4 Relaciones entre el peso del follaje y de los tubérculos en materiales precoces y tardíos (Wiersema, 1980).

3. Tasa de multiplicación (TM)

Es importante conocer y manejar este concepto porque ayuda en las decisiones sobre la multiplicación del material y en los cálculos de las necesidades de tubérculos-semillas. La tasa de multiplicación de tubérculos-semillas en el campo

está ligada a la cantidad de tallos por metro cuadrado que tenga el cultivo. Una TM alta se obtiene con un bajo número de tallos, debida a que hay menor competencia entre tallos. Lo opuesto, una TM baja, se presenta cuando hay un alto número de tallos. Con una TM alta se obtienen, sin embargo, menor cantidad de tubérculos de tamaño semilla a sea tubérculos mucho más grandes.

En el caso de una multiplicación rápida a TM está ligada a la cantidad de propágulos a los que una unidad puede dar origen en un tiempo determinado. La TM puede ser ilimitada si las plántulas propagadas sucesivamente en forma rápida pueden ser plantadas con fines de producción durante todo el año: El flujo podría ser constante en una progresión geométrica en el caso de que la disponibilidad de tierra para una plantación también sea ilimitada. El número de cortes limitados por el tiempo disponible para multiplicarlos con fines de producción es también el límite para determinar a TM.

Ejemplos:

Para producción:	¿Qué interesa?	Tamaño de semilla ¿Qué hacer?	Resultante
<u>Semilla básica</u>	¿Que pocas semillas se conviertan en muchas semillas?	Sembrar bajo número de tallos/m ² (+ área)	Tubérculos grandes
0.25 x 1.0 m	4 tub. (35-45 mm) (4.51 tallos/tub.) Tons de semilla/ha = 2	18 tallos/m ²	TM=24/2=12
Rendimiento Calculado	= 24t/ha		
<u>Semilla certificada</u>	Producir > cantidad de tubérculos tamaño semilla	Alto número de tallos/m ²	Tubérculos pequeños
0.125 x 1.0 m	8 tub. (35-45) (4.5 tallos/tub.) t de semilla/ha = 4	36 tallos/m ²	TM=28/4=7
Rendimiento calculado	= 28t/ha		

4. Precio de la semilla

El precio del tubérculo-semilla puede variar debido a varios factores:

- La oferta y la demanda, que algunas veces están relacionadas con la Opota del año. Muchas veces el precio de a semilla depende del precio de a papa para consumo. La semilla generalmente tiene un precio mayor que la papa de consumo.
- La categoría de la semilla ofrecida: las semillas de categoría alta tienen un precio mayor debido principalmente a la sanidad. Por ejemplo, la semilla básica debe tener mejor sanidad que las semillas certificadas.
- El tamaño de a semilla. Las semillas más pequeñas tienen mayor precio porque hay más semillas por unidad de peso
- El estado fisiológico. Las semillas de calidad conocida, brotadas y listas para la siembra podrían tener mayor precio
- El costo de producción sin duda influye en el precio. La producción de semilla debe ser una actividad rentable para que sea sostenible. En proyectos especiales o en las empresas del Estado muchas veces no se toman en cuenta todos los costos para determinar finalmente el precio de venta, por lo cual la ofrecen a un precio realmente menor, subvencionado.

Calidad, precio y tasa de retorno. El Cuadro 4 muestra ejemplos de los precios que las semillas podrían alcanzar, así como los beneficios que traen. Los tubérculos-semillas de mejor calidad son más costosos, pero a la vez tienen mejores rendimientos y por lo tanto mejores tasas de retorno. Las semillas de categorías altas (prebásica, básica y registrada) se comercializan menos pero algunos productores de semillas las solicitan. Los precios de estas categorías son más elevados que los de las categorías comunes o certificadas.

Para que el productor está dispuesto a pagar un precio especial por los tubérculos-semillas, debe tener la seguridad que obtendrá mejores rendimientos que los que obtiene con su propia semilla. Para calcular el precio máxima que el agricultor debería pagar por la semilla mejorada a para calcular el rendimiento mínima esperado que le permita cubrir el incremento de costo por el uso de a semilla mejorada, en comparación con a semilla que normalmente usa, aplicamos una ecuación. Los datos de los cálculos deben ser muy cercanos a la realidad. Los resultados de los ensayos ayudan mucho en este proceso.

A continuación se indica la ecuación y algunos ejemplos de cálculos reales basados en las informaciones obtenidas en trabajos de investigación.

Cuadro 4 Precios de la papa de consumo y de cuatro categorías de tubérculos-semillas de las variedades Ultimus y Desirée (000 \$/t)¹ en Chile (Covarrubias, 1984).

Categoría de tubérculos-semillas	Zona norte	Zona central		Zona sur
	Ultimus	Ultimus	Desirée	Desirée
Certificada	12,6	12,3	13,7	8,4
Fugada	10,7	10,4	12,7	7,2
Corriente zona sur	10,0	8,4	11,9	6,5
Corriente zona central	6,0	6,0	6,0	-
Papa de consumo	10,5	9,0	8,0	5,5

¹ Precios por variedad y por zona

Ecuación

$$(R_{sm} - R_{sa}) \times \$co = \$sm \times TS_1 - \$sa \times TS_2$$

R_{sm} = Rendimiento con semilla mejorada

R_{sa} = Rendimiento con semilla del agricultor

\$co = Precio de papa consumo

\$sm = Precio de semilla mejorada

\$sa = Precio de semilla del agricultor

TS = Tasa de semilla empleada

Ejemplo 1 c~Cuál podría ser el precio máximo que el agricultor podría pagar por la semilla mejorada para obtener resultados equivalentes al uso de la semilla del agricultor?

1. Caso de Colombia. Zona Media (Cuadro 3) \$ = US\$

$$\text{1er Semestre } (18.4 - 14.1) \times 0.25 = \$sm \times 2 - 0.15 \times 2$$

$$\$sm = 0.44$$

Diferencia en rendimiento. = + 2.3 t/ha~

$$\text{2do. Semestre } (17.2 - 12.1) \times 0.25 = \$sm \times 2 - 0.15 \times 2$$

$$\$sm = 0.79 \quad \text{Dif.} = 5.1$$

Diferencia en rendimiento. = + 5.1 t/ha*

* En ambos casos, con la semilla mejorada se obtiene un mayor rendimiento que con la semilla del agricultor. El agricultor podría pagar hasta \$0.44 (76% más que el precio de la papa consumo) o \$0.79 (216% más) y así no perder dinero por el uso de la semilla mejorada. Cualquier costo menor de la semilla será utilidad en beneficio del agricultor.

2. Caso Chile (Anexo 1) \$ = Pesos chilenos
 $(27.6 - 20.8) \times 10.5 = \$sm \times 2.2 - 10.7 \times 2.2$

Precio máximo calculado \$sm 43.1

Precio real \$ = 12.6

El agricultor podría pagar hasta 3.4 veces el precio real y no tener pérdida por el uso de la semilla mejorada. Note que la diferencia entre el precio de la papa consumo (10.5) y el precio real de la semilla (12.6) es solo el 20%.

Ejemplo 2. ¿Cuál deberá ser el rendimiento mínimo esperado de la semilla mejorada para cubrir el gasto extra?

1. Caso de Colombia. Zona Media (Cuadro 3) \$ = US\$ $(Rsm - 12.1) \times 0.25 = 0.5 \times 2 - 0.15 \times 2$

Rendimiento esperado de semilla mejorada $Rsm = 14.8$ t/ha

Rendimiento excelente (real) = $17.2 - 14.9 = 2.3$ t/ha

2. Caso Chile (precios reales) (Anexo 1)

$(Rsm - 19.3) \times 10.5 = 10.0 \times 2.2 - 10.7 \times 2.2$

Rendimiento esperado de semilla mejorada $Rsm = 19.84$ t/ha

Rendimiento excelente (real) = $27.6 - 19.84 = 7.76$ t/ha

Precio y tamaño

En el Cuadro 5 se indican los valores equivalentes de tamaño, peso promedio y número de brotes por tubérculo que permiten hacer los cálculos de número de tubérculos y peso (t/ha) de tubérculos-semilla.

Cuadro 5 Equivalencias y relaciones entre tamaño, peso y precio.

Equivalencias (promedio)					Relaciones			
Tamaño (mm)	Peso equiv. (g)	No. brotes/ tubérculo	Cantidad No.	(x1000) ¹ peso (kg)	Proporción peso/tamaño	Proporción precio/tamaño		
						Relac.	Relac.	
28-35	25	3.0	50.0	1.25	1.0	4:	2.2	9:
35-45	50	4.0	33.3	1.87	1.5	6:	1.5	6:
45-55	110	6.0	25.0	2.75	2.2	9:	1.0	4:

¹ Número y peso de tubérculos para obtener 150,000 tallos/ha.

Supongamos que para una hectárea se requieren 150,000 tallos principales, los cuales se pueden obtener con diferentes cantidades de tubérculos de distintos tamaños, lo que al final representa un peso determinado de tubérculos. El Cuadro 4 también refleja estos cálculos. Se puede establecer que la

equivalencia entre los tres tamaños o pesos es de 1:1.5:2.2. a la que es lo mismo una proporción de 4:6:9. Esto significa que 1 t de tubérculos de 28-35 mm es equivalente a 1.5 t de tubérculos de 35-45 mm y a 2.2 t de 45-55 mm. La proporción en precio, por lo tanto, deberá ser inversa, es decir, 9:6:4 a una equivalencia de 2.2:1.6:1. Esto significa que el precio de la semilla de diferentes tamaños varía según el factor de corrección, es decir, según la proporción entre el precio y el tamaño. El precio de una tonelada de semillas de 28 a 35 mm será 2.2 veces mayor que el de la semilla de 45-55 mm y 1.5 veces que el de la semilla de 35-45 mm.

ANEXO 1

Análisis económico marginal del uso de cuatro categorías de tubérculos-semillas de la variedad Ultimus, Zona Norte, 1984. (Reproducido de Monares et al., 1988)

Categoría de tubérculos-semillas	Rend. (t/ha)	Ingreso neto <u>a/</u> (miles \$/ha)	Costo semilla (miles \$/ha)	Incremento marginal <u>b/</u>		Tasa de retorno <u>c/</u>
				Ingreso neto	Costo semilla	
Certificada	27,6	261,7	27,7	66,8	4,2	15,9
Fugada	20,8	194,9	23,5	14,7	1,5	9,8
Corriente Zona Sur	19,3	180,2	22,0	17,5	8,8	2,0
Corriente Zona Central	16,8	162,7	13,2	-	-	-

Análisis económico marginal del uso de cuatro categorías de tubérculos-semillas de la variedad Desirée, Zona Central, 1984.

Categoría de tubérculos-semillas	Rend. (t/ha)	Ingreso neto <u>a/</u> (miles \$/ha)	Costo semilla (miles \$/ha)	Incremento marginal <u>b/</u>		Tasa de retorno <u>c/</u>
				Ingreso neto	Costo semilla	
Certificada	27,8	192,3	30,1	44,2	2,2	20,1
Fugada	22,0	148,1	27,9	2,9	14,7	0,2
Corriente Zona Central	19,8	145,2	13,2	14,6	-13,0	-
Corriente Zona Sur	19,6	130,6	26,2	-	-	-

Fuente: Los rendimientos se obtuvieron de la Tabla B-10. Los precios de la papa de consumo y de los tubérculos-semilla utilizados proceden de la Tabla B-11. La dosis de siembra se asumió en 2,2 t/ha con base en los resultados de la encuesta a productores (Covarrubias, 1984).

a/ (Rendimiento x precio de la papa de consumo) - costo de la semilla

b/ Cambio con respecto al ingreso neto próximo superior

c/ Incremento marginal del ingreso neto/incremento marginal del costo de la semilla

Bibliografía

De Bokx, J.A. 1972. Viruses of potatoes and seed production. Centre for Agricultural Publishing and Documentation. Wageningen, The Netherlands. 233 p.

Hidalgo, O.A.y H. Rincón (eds.) 1989. Avances en la producción de tubérculo-semilla de papa en los países del Cono Sur CIP Lima, Perú. 199 p.

Monares, A. et al. 1986. La papa en Chile: Tubérculo-semilla de categoría certificada. Estudio agro económico. CIP (Perú) / INIA (Chile). 94 p.

Ortego, .I. 1991. Presencia y actividad de áfidos vectores de PVY en dos localidades productoras de tubérculo-semilla de papa en Malargue, Mendoza. Rev. Lat. de la Papa. Vol. 4:86-102.

Sánchez de Luque, C., P. Corzo y O. Pérez. 1991. Incidencia de virus en papa y su efecto sobre rendimiento en tres zonas agroecológicas de Colombia. Rev. Lat. de a Papa. Vol 4:36-51.

Wiersema, S.G. 1960. Seed production in East Africa. CIP Lima, Perú. 24 p.

Los Manuales de Capacitación comprenden el conocimiento actual en temas específicos para uso por los profesionales involucrados en investigación o producción, cuyas funciones incluyen la difusión de los conocimientos a través de actividades de capacitación. Están constituidos por una serie de fascículos sujetos a revisiones y actualización periódica.

Fascículo 5.2

Producción de Semilla Básica por Selección Positiva, Negativa y Clonal

Oscar A. Hidalgo

Introducción

Hay varias formas de generar el material básico para desarrollar un programa de semillas. Si se dispone de material in vitro libre de patógenos, éste debe usarse para generar el material básico que puede servir, además, para futuras multiplicaciones. La alta sanidad del material inicial garantiza la limpieza de las multiplicaciones sucesivas si es que éstas se hacen apropiadamente.

Cualquier campo puede servir para generar el material básico; se debe seleccionar el material más sano, para luego multiplicarlo sucesivamente ayudado por a selección positiva, negativa y clonal o la combinación apropiada de ellas. Los pequeños agricultores que no tienen acceso a material in vitro podrían obtener tubérculos de material prebásico, básico o de cualquier otra categoría de semilla de calidad que sirva de base para futuras multiplicaciones. De hecho, ésta debería ser la mejor alternativa para que los pequeños productores se inicien en el uso y mantenimiento de semillas de alta sanidad que puedan darles mejores

alternativas de producción.

El sistema clonal de multiplicación es un método sencillo, usado por los mejores programas de producción de tubérculos-semillas del mundo. Tiene varios niveles de complejidad, pero es muy sencillo y su aplicación sólo requiere mucha disciplina. Cualquier productor podría autoabastecerse Si selecciona sus semillas mediante la combinación racional de la selección positiva, negativa y clonal.

Selección Positiva y Negativa

La Selección positiva consiste en marcar plantas aparentemente sanas, de las características de la variedad y cosecharlas por separado. Puede estar acompañada o no de la selección negativa que consiste en marcar o erradicar las plantas que no reúnen las características de sanidad o las de la variedad. La selección positiva incluye luego la multiplicación sucesiva de aquellas plantas que fueron marcadas. En el lenguaje de la producción de semillas es muy común usar la palabra inglesa **"roguing"** para indicar una selección negativa o erradicación de plantas enfermas o atípicas.

Procedimientos

Los procedimientos son simples pero requieren continuidad y disciplina. He aquí los más importantes:

1. Siembra o selección del campo (y de la variedad). Como se ha indicado anteriormente, este método de selección se puede iniciar en cualquier campo, pero, de preferencia, éste debe tener la mejor sanidad posible. La(s) variedad(es) será a que el agricultor escoja.

2. Marcado de plantas sanas (fluoración). Se seleccionan las mejores plantas, las cuales deben identificarse en una forma visible y clara. Se puede usar una estaca de madera o un hilo de color llamativo muy visible. Si la mayoría de las plantas están en buen estado, sería mejor hacer una selección negativa, eliminando aquellas plantas que no tengan las características deseadas. Aun en campos muy buenos se pueden marcar plantas que podrían servir para iniciar un sistema clonal.

La observación de las plantas debe empezar desde que las plantas han emergido completamente y sus características y sanidad pueden observarse claramente. Esta observación debe ser continua y cuidadosa, sin tocar las plantas para evitar la transmisión de enfermedades. Las plantas que muestren características no deseables en observaciones posteriores deben ser desmarcadas y luego marcar nuevas plantas con buenas características.

3. Erradicación de plantas enfermas y atípicas. Esta práctica es opcional sobre todo al inicio del establecimiento del sistema. Cuando la sanidad es buena o cuando se usan semillas de alta calidad, si se recomienda a eliminación de las plantas enfermas desde el inicio para evitar fuentes de contaminación y plantas atípicas.

4. Cosecha por separado / selección. Las plantas marcadas se cosechan por separado y se mantienen en forma clonal y se juntan para sembrarlas en grupo en la siguiente estación de cultivo. A la cosecha debe

aprovecharse para hacer una selección adicional por rendimiento y número de tubérculos. Por ejemplo, para la selección se acostumbra a establecer el peso mínima (aproximadamente 1 kg) y un número mínimo de tubérculos (10 tubérculos por planta).

En Brasil se ha estudiado un método de selección positiva que se llama “cava pre-plantío mediante el cual las plantas seleccionadas se cosechan separadamente y se toma un tubérculo de cada una de ellas para analizarlo y determinar si la planta está sana; si está, los tubérculos cosechados continúan en el campo y si no, éstos son eliminados (Souza-Díaz, 1991). Este método fue muy usado antes del establecimiento de los métodos serológicos y se le llamaba “índice planta”.

5. Almacenamiento. Los tubérculos deben ser almacenados en las mejores condiciones, si es posible bajo luz difusa. Para llevar a cabo el método de “cava pre-plantío” o “índice planta”, el tubérculo que representa a la planta es tratado para romper el periodo de reposo y luego es evaluado para los principales virus por sintomatología a serología. Los tubérculos de la planta seleccionada se mantienen o se eliminan según el resultado.

6. Siembra en parcela separada. Todos los tubérculos de las plantas seleccionadas se siembran por separado en un campo lo más aislado posible y lo más temprana en la estación para reducir la contaminación.

7. Repetición del procedimiento. El trabajo debe repetirse con las variantes más convenientes para mejorar el sistema de selección. El procedimiento básico puede variar y ajustarse de acuerdo a las necesidades, principalmente según el material inicial. El trabajo debe repetirse todos los años hasta que la calidad de la semilla mejore. La semilla que se obtenga puede ser considerada “básica” para el sistema propio del agricultor o de su comunidad.

Ventajas y desventajas de la selección positiva (y negativa)

Ventajas

- Es una alternativa para pequeños productores.
- Es un método barato, al alcance del productor
- Es efectivo.
- Forma parte del proceso educativo (reconocer las causas).

Desventajas

- El proceso podría ser lento.
- El método podría fallar
- El agricultor muchas veces es reacio a erradicar plantas.
- No es efectivo para reducir los virus latentes ni la pierna negra.

Ejemplos de resultados de selección positiva

1. Ejemplo de Bolivia (Alvarez, 1988; IBTA/PROINPA, 1992).

Se siguió el método de marcado de plantas y de selección por métodos visuales. Para efectos de comparación, también se pesó la cosecha de las plantas no marcadas. El trabajo se repitió por tres años y en distintas zonas de producción de Bolivia (sobre los 3,000 msnm) indicadas como A, B, etc. (Cuadro 1) y las variedades fueron predominantemente nativas. Se obtuvo un incremento de rendimiento del 40 % en promedio.

Cuadro 1 Rendimiento (kg) de 25 plantas de papa marcadas por selección positiva vs. plantas no marcadas, Bolivia, 1984-86.

	Zona de producción				Rendimiento promedio (kg por planta)
	A	B	C	D	
1984					
Marcadas	25.1	21.0	21.0	24.0	0.90
No marcadas	13.5	11.2	10.7	15.9	0.51
Diferencia	11.6	9.8	10.3	8.1	0.39 (43%)
1985					
Marcadas	25.9	25.9	18.2	24.0	0.94
No marcadas	17.4	12.5	14.0	16.0	0.60
Diferencia	8.5	13.4	4.2	8.0	0.34 (36%)
1986					
Marcadas	33.6	29.7	22.6	16.9	1.03
No marcadas	20.8	14.9	17.1	10.1	0.63
Diferencia	12.8	14.8	5.5	6.8	0.40 (39%)
Promedio general					
Marcadas					0.98
No marcadas					0.58
Diferencia					0.38 (39%)

Fuente: Alvarez, 1988.

2. Ejemplo de Brasil (Souza-Diaz, 1991).

Se lleva a cabo en campos comerciales de producción de papa del Estado de Sao Paulo, Brasil, donde predomina la infección por el virus del embrollamiento de la hoja de la papa (PLRV). La variedad predominante fue Achat. Se usó el método de marcado de plantas (selección positiva) y la cosecha individual de plantas ("covas"). Un tubérculo representativo de cada "cova" fue separado tratado para romper el periodo de reposo y evaluado en un invernadero para saber si expresaba síntomas de virus, especialmente de PLRV. Los tubérculos semillas producidos por este método tuvieron un costo 60 % menor que el de la semilla importada o certificada, lo cual significó una reducción del 28% del costo total de producción. Aunque el autor no lo indica, se supone que la semilla mejorada por el método de cova /pre-plantio tuvo un rendimiento mayor que el de la semilla no seleccionada y posiblemente un poco menor que el de la semilla certificada. A continuación se indican las fases del método.

Fase 1

- Marcado de plantas (sin síntomas)
- Cosecha individual de plantas marcadas ("covas")
- Numeración de "covas" (clones)

Fase 2

$$\frac{\text{Área cultivada}}{\text{Tasa}} = \frac{1 \text{ ha}}{10} = 0.1 \text{ ha}$$

2. *Número de plantas marcadas:* Para 0.1 ha se necesita:

$$\frac{\text{Semilla requerida}}{1 \text{ ha}} \times \text{Tamaño parcela} = \frac{2.500 \text{ kg}}{1 \text{ ha}} \times 0.1 \text{ ha} = 250 \text{ kg}$$

Considerando un peso promedio de 50 g por tubérculo, el número de tubérculos requeridos será:

$$\frac{250 \text{ kg}}{0.05 \text{ kg}} = 5,000 \text{ tubérculos}$$

A una tasa de multiplicación de 1 a 10, entonces:

$$\frac{5.000 \text{ tubérculos}}{10 \text{ tub./planta}} = 500 \text{ plantas}$$

Respuesta: Para obtener semilla para sembrar 1 ha de papa comercial, se necesita cosechar 500 plantas. Se sugiere marcar un 20 % más para compensar probables pérdidas.

Ejemplo No. 2

- Área cultivada 0.5 ha
- Distancia de siembra 0.85 x 0.30 m (0.255 m)
- Tasa de multiplicación 7

Respuesta: Tamaño de la parcela = 714 m².
Número de plantas marcadas = 400 (+ 20%).

Selección Clonal

Conceptos

- **Clon:** "individuos derivados por propagación vegetativa o apomixis de un solo individuo.~ (Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas, 111.2.0.002). Un clon es genéticamente uniforme.
- **Sistema clonal:** Selección, reconocimiento y multiplicación sucesiva de un clon.
- Un clon abarca los descendientes derivados asexualmente de un solo individuo.

El método de selección clonal es una forma más organizada de selección positiva que incorpora otras metodologías para elegir las plantas más sanas y típicas, así como para eliminar aquellas que no reúnen las características deseadas. El método puede incluir procedimientos sencillos o sofisticados en el proceso

de selección. Lo importante es mantener a disciplina en la aplicación del método. Algunas veces el proceso es lento. Este método ha sido usado desde principios de siglo por los principales programas de producción de tubérculos-semillas de los países desarrollados de Europa y América del Norte. Actualmente se usa adaptado a los avances sobre plantas in vitro y a las pruebas serológicas.

Procedimientos

Al igual que el método de selección positiva, el sistema clonal también puede variar en los detalles, según el usuario.

1. Selección de campos de alta sanidad. Es esencial iniciar el trabajo en un campo de la más alta sanidad y que corresponda a las características de la variedad(es) que se multiplica. Podría ser un campo semillero, producto de la selección positiva llevada a cabo varios años, o campos sembrados con semilla prebásica, básica o importada del sistema formal. Después de varios años de práctica del sistema clonal, el campo base para la selección inicial es el mejor campo plantado con la mejor semilla disponible.

2. Selección positiva de plantas típicas y sanas. Generalmente en los programas de producción de semilla que usan el sistema clonal, ésta es una etapa fundamental en el proceso de selección. Cada planta marcada es evaluada para descartar la presencia de enfermedades. Sólo aquellas que resulten negativas continúan en el sistema clonal. Es muy importante también que las plantas seleccionadas correspondan a la variedad y sean plantas vigorosas y bien formadas. A la cosecha se continúa la selección y sólo se seleccionan las plantas de buen rendimiento y con un buen número de tubérculos grandes y bien formados. Los tubérculos de cada planta se guardan por separado y constituyen un clon. La multiplicación de cada clon se mantiene año tras año por varias generaciones.

3. Siembra clonal sucesiva. (5-6 generaciones]. Los tubérculos de una planta seleccionada se siembran juntos al año siguiente. La planta seleccionada debe producir por lo menos 10 tubérculos los cuales se siembran en una parcela de 10 plantas al año siguiente y en múltiplos de 10 (100, 1000, etc.) en las estaciones siguientes. Los tubérculos excedentes se pueden poner juntos y sembrarlos como semilla de una categoría más baja (ver sistema holandés, Figura 2).

Regla básica: En clones de 1er (10 plantas), 2do (100 plantas) y 3er (1000) año se eliminan todas las plantas que no reúnan las características deseables y las plantas enfermas, aun cuando solo sea una en toda la población. Al sembrar 10, 100 o 1000 tubérculos que provienen de una misma planta se está magnificando la sanidad. Esta es una regla básica de disciplina que debe seguirse rigurosamente para asegurar el éxito del sistema.

En clones de 4to. a 6to. año se eliminan sólo las plantas atípicas, ya no toda la parcela.

4. Multiplicaciones sucesivas. Después del 6to. año o ciclo se discontinúa la multiplicación de cada clon identificado y más bien se hacen multiplicaciones en conjunto. En cada multiplicación, al igual que en todas las multiplicaciones de clones previas, se deberán tomar todas las precauciones necesarias para la producción de semilla y también seguir las normas para la producción de semillas certificadas.

5. Siembra por tamaño. Primero se siembran los tubérculos-semillas más grandes y luego, gradualmente, los de menor tamaño.

6. Pruebas de sanidad. Los clones de cada año y, especialmente, los de los primeros años o ciclos, son evaluados individualmente, o tomando muestras compuestas, mediante las pruebas serológicas (ELISA) u otras pruebas disponibles para detectar los virus predominantes.

Ventajas y desventajas de la selección clonal

Ventajas	Desventajas
Es una alternativa para productores grandes. El procedimiento es sencillo y efectivo. Considera a disciplina del productor Asegura que el productor continúe el proceso. Se puede combinar con métodos modernos de selección de patógenos y de multiplicación rápida.	La multiplicación es lenta El procedimiento es caro Requiere mucha disciplina. Es menos efectivo cuando el virus es latente. Se puede propagar la pierna negra.

Ejemplo de multiplicación clonal

Muchos son los programas que han practicado y siguen practicando el sistema de multiplicación clonal. Desde principios de este siglo lo han practicado con éxito los programas de semillas de los países de Europa y América del Norte. Hasta hoy la practican con algunas modificaciones, por ejemplo, se ha incorporado la micropropagación in vitro o a multiplicación acelerada de aquellos clones superiores que requerirían ser multiplicados mucho más rápido. Las Figuras 1 y 2 indican en forma diagramática los procedimientos tradicionales utilizados, así como las denominaciones de las categorías de semillas que resultan en el sistema formal holandés.

Cálculo de las necesidades en la selección clonal

Ejemplo No. 1. ¿Cuántas plantas madres iniciales se requerirían en tres o cuatro multiplicaciones sucesivas para producir suficiente semilla para sembrar una hectárea de semillero de papa?

• Área cultivada / producción comercial	1000 ha
• Semilla requerida por ha	2 t/ha
• Tasa de multiplicación	1 a 10
• Peso promedio de tubérculo-semilla	50 g
• Número de multiplicaciones de semilla certificada	3 ó 4

Cálculos

a) Cantidad de semilla certificada requerida para 100 ha: $\frac{1.000\text{ha}}{2} = 2000 \text{ t}$
2 t/ha

b) Si esta cantidad se produce en tres generaciones: $\frac{2.000 \text{ t}}{10 \times 10 \times 10} = 2 \text{ t}$ de semilla básica

c) Considerando 50 g/tubérculo (= 0.05 kg) $2 \text{ t} = \frac{2.000 \text{ kg}}{0.05 \text{ kg}} = 40,000$ tubérculos

d) Los 40,000 tubérculos pueden producirse en una o más multiplicaciones.

e) Si esta cantidad se produce en tres o cuatro generaciones:

- Suponiendo que se hacen tres multiplicaciones:

$\frac{40.000 \text{ tub.}}{10 \times 10 \times 10} = 40$ plantas madres

- Suponiendo que se hacen cuatro multiplicaciones:

$\frac{40.0 \text{ tub.}}{10 \times 10 \times 10 \times 10} = 4$ plantas madres

El proceso puede acelerarse usando multiplicación rápida.

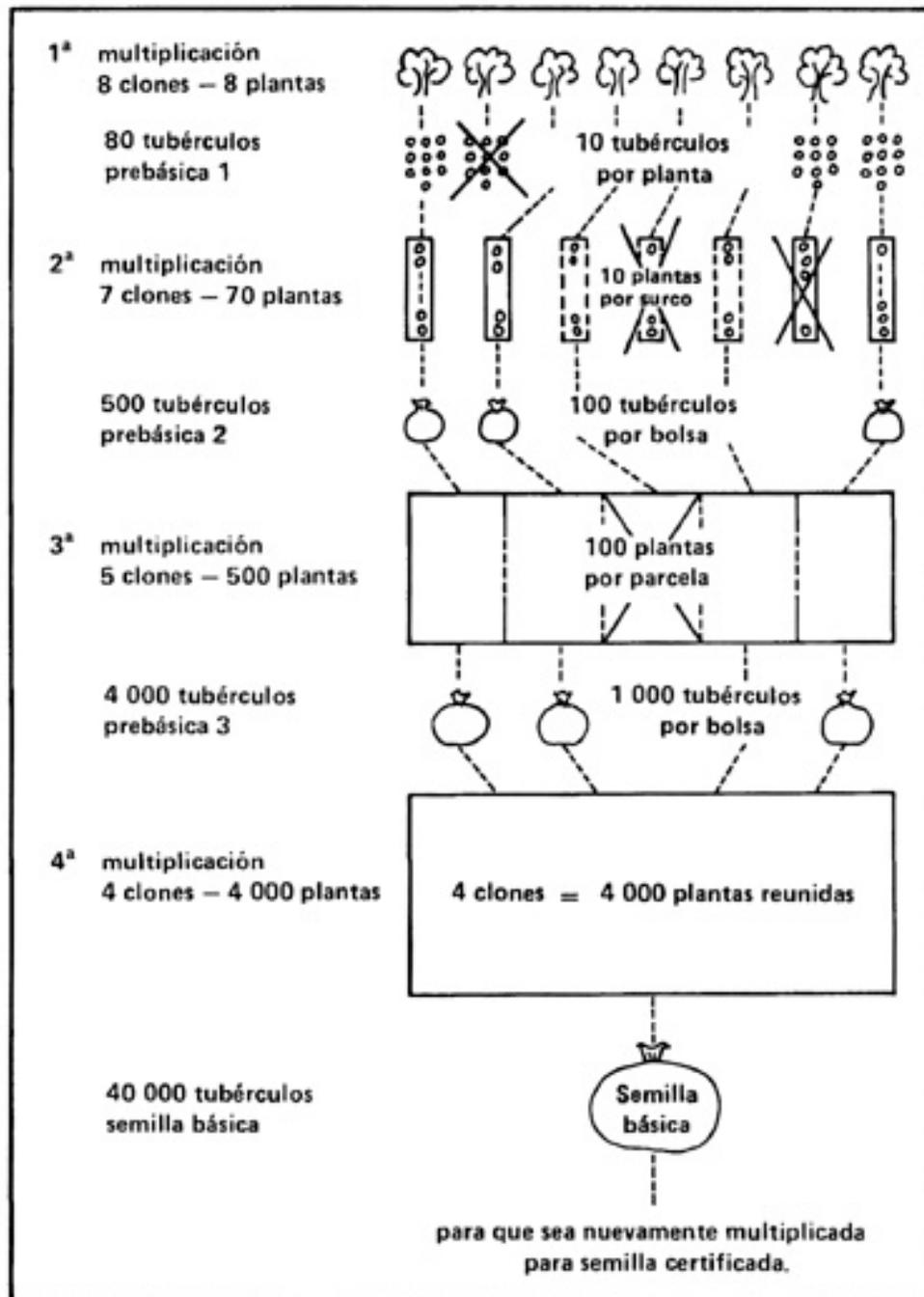
Ejemplo No. 2. Para ejercicio de los estudiantes.

Datos:

- | | |
|---|----------|
| • Área cultivada/producción comercial | 5,000 ha |
| • Semilla requerida | 2.2 t/ha |
| • Tasa de multiplicación | 7 |
| • Peso promedio de tubérculo-semilla | 50 g |
| • Número de multiplicaciones de semilla certificada | 2 |
| • Número de multiplicaciones (esquejes, brotes, etc.) para obtener tubérculos | hasta 3 |

Cálculo:

Respuesta:



Un programa de selección clonal

Fuente: Bryan, J. E. 1981B

Figura 1 Sistema clonal.

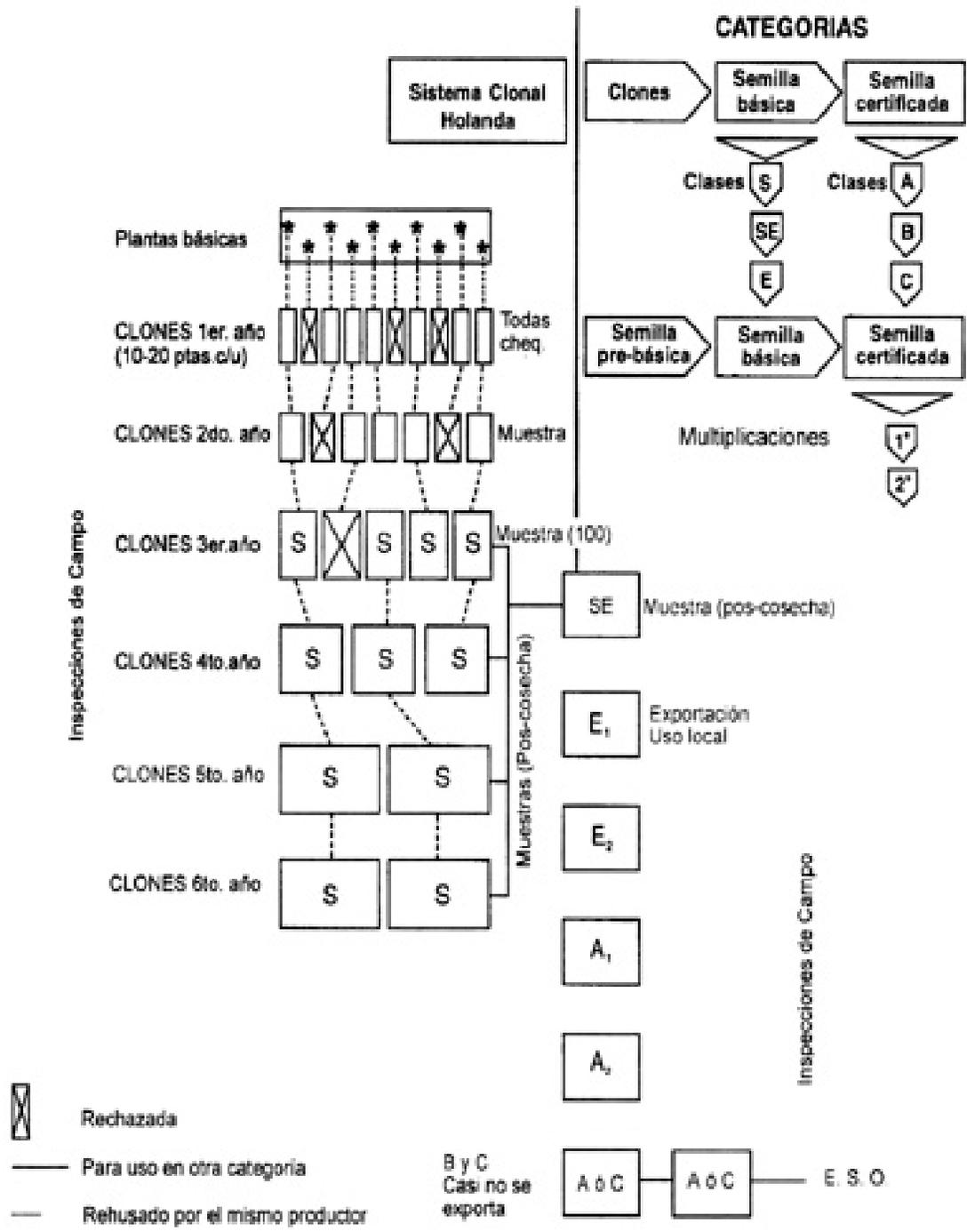


Figura 2 Sistema clonal holandés

Bibliografía

Alvarez, V. 1968. Métodos simples de producción de semilla de papa con pequeños agricultores. Documento de Trabajo. PRACIPA. Cochabamba, Bolivia. 27 p.

Bryan, J.E. 1981a. Parcela de semilla de papa: técnica al alcance del agricultor. Boletín de información Técnica No. 7. CIP. Lima. 13 p.

Bryan, J.E. 1981b. Selección clonal en producción de semilla de papa. Boletín de información Técnica No. 12. CIP, Lima. 15 p.

IBTA/PROINPA. 1992. Selección positiva, una técnica de producción de tubérculo-semilla de papa. Manual Técnico 2/92. Cochabamba, Bolivia. 11 p.

Souza-Dias, J.C. 1991. Método "cova/pre-plantio" na manutenção de batatasemente própria: Avaliação de execução e do Gusto por bataticultores no estado de Sao Paulo, Brasil. Rev. Latinoamericana de la Papa 4(1):72-85.

Young, N. 1990. Seed systems in developed countries: Canada, The Netherlands, and Great Britain. CIP Lime. 1 28 p.

Fascículo 5.3

Fundamentos sobre Certificación de Tubérculos-Semillas de Papa

Oscar A. Hidalgo

Introducción

Dentro del sistema formal de producción de tubérculos-semillas, el programa de certificación es una parte fundamental para completar el proceso de producción y garantizar la calidad del producto. De hecho, la certificación establece la diferencia más notoria con el sistema informal, el cual no dispone, por lo menos hasta ahora, de un mecanismo para revisar, aceptar y regular la producción de tubérculos-semillas.

La certificación está basada en un conjunto de normas legales que establecen las pautas para medir la calidad del producto y de sus productores. La certificación es realizada por el personal especializado de un organismo, generalmente del sector oficial. Los reglamentos y normas cubren los aspectos relacionados con las instituciones, el personal involucrado y también aspectos técnicos del proceso productivo. Mediante la certificación, el órgano certificador da fe de que los productores han cumplido con las normas

establecidas y que el producto reúne las características especificadas en el reglamento oficial de semillas. En cierto modo, el proceso de certificación protege los derechos de los usuarios y ayuda a los productores para que puedan producir sus materiales según las normas establecidas.

En casi todos los países se establecen normas y reglamentos que regulan la producción de las semillas en general. Algunos son tan severos que hacen imposible la producción de semillas. No es raro encontrar en los países en desarrollo disposiciones legales muy bien hechas y bien intencionadas pero que, finalmente, no se ponen en práctica porque no hay ni las condiciones ni el personal entrenado para hacerlo. Las normas, sus reglamentos y su implantación deben ser realistas para facilitar la producción de semillas y para no convertirse en barreras que impidan el avance de la producción de las semillas certificadas.

A continuación se discuten los principios vinculados con diferentes normas que regulan la producción de tubérculos-semillas de papa. Aún no se han adaptado ni se han generado normas para la producción de semilla sexual de papa (SSP), ni para los tubérculos-semillas que éstas generan.

Fundamentos Legales del Sistema Formal de Certificación

La certificación de semillas está regulada por varias disposiciones legales de diferente peso jurídico o nivel de autoridad. En una **Ley General de Semillas** ("Seed Act"), a nivel nacional, los legisladores de un estado o país responden a la necesidad pública de legislar sobre el tema de las semillas. Este tratamiento tan especial deja ver la importancia que tienen las semillas en el proceso productivo. La ley es más general y en ella se definen los grandes objetivos, el papel de las instituciones vinculadas y los mecanismos que favorecen o promueven a producción de todas las semillas que requiere un país o estado.

El **Reglamento General de Semillas** norma e interpreta el espíritu de una Ley General y da más detalles que ayudan a entender mejor lo dispuesto en la ley para todas las semillas. Finalmente, dentro de las disposiciones legales se halla también el **Reglamento Específico**, más conocido como las **Normas** específicas o peculiares para cada cultivo. El cultivo de papa, que sin duda tiene sus propias particularidades, tiene también definidas estas normas, en las cuales se detallan con mayor precisión aspectos relacionados con las categorías de semillas, el registro de cultivares, tolerancias específicas a enfermedades y plagas, comercialización, sanciones, etc.

Generalidades sobre las Normas

Las normas específicas sirven para regular la producción de las semillas de una determinada especie y con esto se protege a los usuarios de esas semillas, las cuales deben ser de mejor calidad y estar garantizadas por el proceso de certificación. Las normas deben, sin embargo, ser realistas en cuanto a las condiciones locales. No deben pedir algo que no sea posible cumplir, ya que así se estaría limitando la producción en vez de promoverla. Las normas deben cumplirse con disciplina: si no se cumplen, carecen de valor y el sistema no funciona. Las normas pueden mejorarse a ser más estrictas si las condiciones de producción mejoran.

La formulación de las normas, por tanto, debe ser hecha por técnicos que conozcan a situación del país o región. Es común que algunos países formulen normas tomando como base otras similares de países desarrollados que tienen muchos años de experiencia usando y perfeccionando sus normas. Muchas veces se ha visto que éstas son demasiada estrictas para un país que recién se inicia en estas labores. Por regla general, se debe ser menos exigente al principio y luego ajustar la norma (ser más exigente) cuando las condiciones así lo ameriten. Lo opuesto no debe ocurrir porque se pierde autoridad.

Las normas deben ser de fácil entendimiento, tanto para los productores como para aquellos que tienen que hacerlas cumplir. Las dudas deben aclararse antes de iniciar el proceso productivo. Esto significa que no se deben cambiar 'las reglas del juego' una vez que se ha iniciado el proceso productivo. Los distintos componentes del proceso productivo, los inspectores y los usuarios de las semillas deben participar en cualquier cambio a definición de las normas.

Para un eficiente uso de las normas establecidas se requiere un equipo de gente bien capacitada en torno a una institución que las haga cumplir. El buen criterio de los inspectores y de los funcionarios del organismo de certificación es algo altamente deseable que se obtiene con una buena capacitación pero, principalmente, con la práctica.

Las normas deben ser muy claras en cuanto a las categorías de semillas baja certificación y a los detalles sobre las inspecciones y especificar claramente las sanciones para quienes las incumplan.

Generalidades sobre el Organismo Certificador

Funciones

Le corresponde al organismo certificador proponer o dictar las normas de certificación, y supervisar y controlar todo el proceso de certificación. Para la formulación o revisión de las normas, el organismo deberá asesorarse con los expertos, con los agricultores productores, con los investigadores vinculados y también con los usuarios.

Además de su labor propia de fiscalización, el organismo debe:

- a. Promover el uso de semilla mejorada
- b. Capacitar a los productores
- c. Aplicar las sanciones

De Origen Público a privado

El organismo certificador ha estado casi siempre en el sector público, a cargo de una dependencia responsable, generalmente relacionada también a la cuarentena. Hay ejemplos, sin embargo, en los que este organismo funciona muy bien en el sector privado, dentro de un arreglo armonioso entre los productores y el Estado. De hecho, varias legislaciones (leyes, reglamentos y normas) consideran oficialmente que la labor de certificación puede ser hecha por organismos, corporaciones o personas

jurídicas de derecho privado idóneas y capacitadas para esta función, autorizadas por el organismo oficial, el cual sólo supervisará su labor. El organismo oficial generalmente se reserva el derecho de ejercer su función certificadora cuando se trata de exportación de tubérculos-semilla.

Las experiencias del funcionamiento de estos organismos en el sector público en los países en desarrollo, no han sido muy satisfactorias principalmente debido al poco apoyo recibido del Estado, que ha limitado la eficiencia del órgano certificador, o porque las normas son tan estrictas que es imposible cumplirlas. Esta falencia hace que muchas veces los productores prefieran producir sus semillas bajo un sistema informal. Lo ideal en estos casos es que los productores establezcan sus propias normas (informales), pero que sean respetadas y que en cierta forma garanticen la calidad del producto.

Registro de Variedades

Generalmente el organismo certificador mantiene un Registro Nacional de Variedades aptas para certificación. Solamente las variedades registradas deben certificarse. Este proceso debe estar normado, ya sea en la Ley o en el Reglamento General.

Registro de Productores

Igualmente, el organismo certificador lleva un Registro Nacional de Productores de Semillas. El organismo certificador deberá asegurarse de la idoneidad del productor y asegurarse, además, que tenga las facilidades mínimas para hacerlo (campo, maquinarias bodegas, etc.).

Generalidades sobre el Proceso de Certificación

Con este proceso se garantizan las distintas operaciones de producción. Cosecha, procesamiento y control de calidad de acuerdo a las normas.

1. Operaciones de producción:

a) El productor deberá inscribirse para producir una determinada categoría de semilla, indicando el lugar, la variedad, el origen de la semilla y todos los datos que se soliciten en los formularios que usualmente se usan para la inscripción del campo.

b) El organismo certificador deberá verificar que el productor esté registrado como tal y que haya mantenido su idoneidad como productor de semillas.

c) Se podrá autorizar la producción de semilla solo de las variedades que estén registradas.

d) El inspector autorizado hará las visitas mínimas que se establezcan en las normas. El Inspector podrá si así lo desea, llevar a cabo otras inspecciones. En cada una de ellas se compara la situación del campo, la de las semillas y la de los productores en relación con las normas ya establecidas. En cada inspección se

llevan a cabo las siguientes acciones:

Primera: Verificar el origen y la categoría de la semilla (inscripción), Inspeccionar el campo antes de la siembra

Segunda: Inspecciones del cultivo (por lo menos 1 a 2) para verificar el aislamiento, comprobar la variedad, a sanidad, a localización, la cantidad de semilla sembrada, a situación del cultivo, la toma de muestras, etc. El productor podrá hacer descartes antes de la llegada del inspector

Tercera: -Inspección del campo a la cosecha

Cuarta: -Inspección durante el embolsado

e) Para la eliminación de follaje (“lifting”), algunas normas legislan sobre cuándo terminar el cultivo. Esto se hace teniendo el conocimiento de las migraciones de los áfidos y de su eventual llegada a los campos de producción. En Holanda la eliminación del follaje es obligatoria en las fechas que el NAK lo indica, para las categorías de semilla básica (S y SE), pero solo es sugerida en el caso de la categoría E y otras más bajas. La eliminación del follaje debe hacerse en un plazo corto; si no se cumple en la fecha establecida el lote puede ser rebajado de categoría.

2. Atributos del inspector

Dentro del organismo certificador, el inspector es una persona autorizada para hacer las inspecciones y para interpretar y aplicar las normas. El inspector por tanto, tiene la gran responsabilidad de hacer las cosas con la mayor equidad y justicia, usando su mejor criterio para discernir sobre alguna situación que no estuviera específicamente normada. Estas personas deben tener los siguientes atributos:

- Ser honesto y con buen poder de discernimiento.
- Ser discreto y cortés pero a la vez muy enérgico.
- Ser dedicado y trabajador (trabajo concentrado en poco tiempo)
- Tener capacidad para educar. El inspector no debe hacer el papel fiscalizador o de policía solamente. La certificación es también un proceso de capacitación y aprendizaje por parte de los productores. Mantener estables sus criterios para aplicar las normas.
- Mantener estables los criterios en relación con los demás colegas del servicio. Para mantener la unidad de criterios dentro de la institución es necesario que haya mucha comunicación entre ellos. La capacitación en grupo y la discusión de los problemas es esencial.
- Mantener criterios estables en el tiempo, a menos que cambie la norma a su interpretación.
- Mantenerse actualizado.

3. ¿Qué inspeccionar en el campo de cultivo?

El inspector deberá verificar todos los factores que afectan la calidad de la semilla y que de alguna manera

están especificados en las Normas. El inspector, sin embargo, deberá aplicar su buen criterio para resolver asuntos no especificados en las Normas.

Al efectuar las inspecciones el inspector deberá observar los aspectos atípicos y especialmente las plantas que se escapen al patrón normal. Por ejemplo plantas ATÍPICAS con síntomas de virus a que no correspondan a la variedad. El inspector debe tener muy clara qué es atípico. Evaluar lo que las Normas solicitan:

a) Mezclas

b) Plantas enfermas:

- Mosaicos graves o severos
- Enrollamiento
- Mosaicos suaves o leves
- Otros virus
- Otras enfermedades presentes

c) Fallas

d) Tomar en cuenta cualquier otra anomalía

4. ¿Cuántas plantas observar?

Esto generalmente está indicado en las Normas. He aquí algunos ejemplos:

a) Holanda: Conteos de 4 hileras (al azar), de 100 plantas/ha cada una lo que hace 400 plantas/ha

b) Chile: Conteos de por lo menos 4 hileras (al azar) de 100 plantas por cada hectárea, 400 plantas/ha. En semilleros de más de 5 ha. 2 conteos suplementarios de 100 plantas cada uno por cada hectárea adicional:

- Para 3 ha: $3 \text{ ha} \times 400 = 1,200$ plantas
- Para 6 ha: $5 \text{ ha} \times 400 = 2,000$ plantas más 200 plantas adicionales por cada ha. Total 2200 plantas.

c) Perú: Conteos de por lo menos 6 hileras al azar de 100 plantas c/u por ha o fracción.

El tamaño de la muestra está influenciado mayormente por la precisión que se desee. Si aumenta la precisión, aumenta el tamaño. El valor de n (tamaño de la muestra) se puede calcular con la siguiente ecuación:

Cálculo del valor n:

$$\frac{t^2 ("p" \times q)}{d^2} \text{ numerador}$$

$$\text{Cálculos } t = 2 \quad t^2 = 4$$

$$q = 100 - "p"$$

En donde:

t = 1.96 (Valor de t de Student)

"p" = Valor estimado de P Se conoce ya que fue estimado en la cosecha anterior Se sabe con qué nivel de infección resultó el lote en la campaña anterior y la semilla se ha sembrado con ese nivel de infección.

P = Valor real que se desea obtener. Desconocemos este valor pero podríamos asumirlo como el valor que nos gustaría obtener. Estos valores varían con la categoría de semilla que se desea producir y están indicadas en las normas de certificación.

$$q = 1 - "p"$$

$$d^2 = \text{Precisión } ("p" - P)^2$$

Por ejemplo, si tenemos disponible para siembra semilla básica con 0.25 % (= 'p') de infección de virus y queremos producir la categoría Registrada, cuya tolerancia es 1 % (= P), éste sería el valor real que tendríamos que obtener. La precisión en este caso sería de 0.25-1= (-) 0.750 (+) 0.75 (es lo mismo porque este valor se eleva al cuadrado). Esto significa que para llegar a la siguiente categoría tendríamos una precisión de 0.75. En este caso el tamaño de la muestra calculada sería de 177 [$n = (t^2 \cdot "p" \cdot q) / d^2] = 4 (0.25 \times 99.75) / (0.75)^2 = 177$ (ver ** en el Cuadro 1).

El tamaño de la muestra aumenta si la diferencia entre p y P es muy corta, lo cual significa una alta precisión. Estos cálculos y los datos del Cuadro 1 confirman que el número "mágico" de tamaño de muestra, está entre 200 y 400. Dependerá de la precisión que se desee (p'-P).

5. ¿Cuántos tubérculos se toman como muestra a la cosecha?

Para el tamaño de la muestra de tubérculo se toman en consideración los mismos criterios indicados anteriormente para muestras en follaje. La muestra de tubérculo tomada en el campo debe hacerse haciéndolo estrictamente al azar y tomando un tubérculo mediano por cada planta que constituya la muestra.

He aquí algunos ejemplos de los tamaños de muestra usados y que también se indican en las Normas.

a) Holanda: Recomiendan 200 tubérculo/ha para Básicas (S, SE, E) y 100 tubérculo./ha para Certificada.

c) Argentina: Aceptan 1 20 tubérculos en un campo de hasta 4 ha.

d) Chile: Recomienda 250 tubérculo./ha más 100 tubérculos adicionales por cada ha adicional.

Cuadro 1 Valores calculados de tamaños de muestras de acuerdo al nivel de precisión deseado y a los niveles de infección real («p») que lleva la semilla y a la posibilidad de producción de acuerdo a las normas y categorías que se pretende producir (P).

$$n = \frac{t^2 («p \times xq»)}{d^2} \quad \parallel \quad \frac{\text{numerador}}{d^2} \quad \text{Cálculos } t = 2 \quad t^2 = 4$$

$$q = 100 - 'p'$$

"p" (%)	P(%)	Precisión(d) (p-P)	Valor del numerador	d ²	n
0.01	0.10	0.09	3.99	0.0081	493 *
	0.25	0.24		0.058	69 *
	0.50	0.49		0.24	17
	1.00	0.99		1.00	4
0.1	0.25	0.15	39.96	0.0225	1776
	0.5	0.40		0.16	249 *
	1.0	0.90		0.81	49
0.25	0.5	0.25	99.75	0.0625	1596
	0.75	0.50		0.25	400 *
	1.0**	0.75		0.42	177 *
	2.0	1.75		3.06	32
0.5	3.0	2.75	199	7.56	13
	1.0	0.50		0.25	796
	1.5	1.0		1.0	199 *
	2.0	1.50		2.25	88 *
1.0	3.0	2.50	396	6.25	32
	1.5	0.5		0.25	1584
	2.0	1		1	396 *
	2.5	1.5		2.25	176 *
	3.0	2		4	99
2	4.0	3	784	9	44
	5.0	4		16	25
	2.5	0.5		0.25	3136
	3	1		1	784
	4	2		4	196 *
5	5	3	16	9	87 *
	6	4		16	49
	8	1		1	1900
10	8	3	1900	9	211 *
	12	2		4	864
	15	5		25	138 *
	20	10		100	35

* Número sugerido de tamaño de muestra

** Datos y cálculos de ejemplo en el texto

[1] «p» = % de infección que trae la semilla

[2] P = % de infección que pretende alcanzar en la próxima campaña

Nota: En la primera línea de la Tabla, 0.01 sería para semilla prebásica. Se tendría que usar un número >0 para facilitar los cálculos, aún cuando se sabe que la semilla prebásica sale con 0%.

6. Prueba de invierno (“Florida Test”/Prueba de pre-cultivo).

Los tubérculos de la muestra se tratan para acelerar brotación y se siembran en un ambiente apropiado (campo o invernadero) para el evaluar nivel de infección visualmente o por alguna prueba serológica. El resultado permite evaluar el estado sanitario del campo cosechado. Se le denomina “Florida Test” porque el Programa de Semillas de los Estados Unidos hacía esta prueba en el Estado de Florida durante el invierno cuando es posible cultivar papa en este Estado.

Mientras se hacían las pruebas en Florida, las semillas permanecían almacenadas en los Estados del Norte.

El número de tubérculo por muestra es igual al que indican las Normas. Igualmente a cantidad ideal varía entre 200 y 400 tubérculos por 1 o más hectáreas. Lo importante es que la muestra sea representativa y haya sido bien tomada.

Tolerancias y Categorías en Semilleros (campo)

Formas de expresarlas. Las tolerancias se expresan principalmente en porcentaje (%) o usando un factor de importancia.

Las tolerancias (máximas) expresadas en % se dan para cada categoría de semilla. Este sistema es usado por Chile, Canadá, Brasil, Colombia, Panamá, etc.

Usando el factor de importancia, las Normas indican una tolerancia establecida como factor, el cual se multiplica por el porcentaje (%) de infección o mezcla que haya obtenido el Inspector en el campo. Las Normas establecen, además, un “puntaje máximo de tolerancia” (producto de FACTOR x % encontrado). Este sistema es usado por Holanda y Perú.

Algunas Normas combinan ambas formas de expresar las tolerancias. Por ejemplo, % para inspecciones de campo y factores para evaluaciones de tolerancias en tubérculos. La Normas de Bolivia están presentadas en esta forma.

Ejemplos de tolerancias según la forma de expresarla:

A. En porcentaje

Chile (%): Tolerancia máxima de semilleros (% de plantas)

	Categoría				
	Pre-básica	Básica	C1(*)	C2	C3
Otras variedades y fuera de tipo	0.00	0.00	0.05	0.10	0.10
Virosis grave	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00
Virosis leve	0.10	0.25	1.00	2.00	3.00
Pie Negro	0.30	0.50	1.00	2.00	3.00

(*) C= Certificada

Fuente: Boletín Oficial de Semilla N° 50, 1990

Oregon (U.S.A.): Estándares de Certificación expresados en porcentaje de plantas (%)

Factor	PN (Lab.)	N (Inv.)	G2			G3 & 4		G5	
			G1	1°	2°	1°	2°	1°	2°
Enrollamiento	0	0	0.05	0.2	0.1	0.5	0.25	0.5	0.25
Mosaico	0	0	0.10	0.3	0.2	2.0	1.00	3.0	2.00
Otros virus Vis.	0	0	0.10	0.3	0.2	2.0	2.00	3.0	2.00
Total virus Vis.	0+	0	0.10	0.5	0.2	2.0	1.00	4.0	3.00
Pie Negro	0++	0.	0.10	0.3	0.2	3.0	1.00	3.0	1.00
Mezclas	0	0	0.00	0.2	0.1	0.5	0.25	2.0	1.00
PVX (latente)	0*	0*	1.00	3.0	6.0	6.0			
Muestras Lab.*	(1/4 pts.)		(1/16)	50 hojas/acre		20 hojas/acre		20 hojas/acre	

+ Plantas probadas por ELISA (X, Y, S, PLRV).

++ Plantas o tubérculos probada para infección latente.

* Mínimo número de plantas/muestra = 100.

Nota: Tolerancia «0» para Ring Rot, PSTVd, *F. eumartii*, RKN.

Fuente: Oregon Potato Seed Certification Standards, 1993

B. Por factor de Importancia

Perú: Tolerancias expresadas por el factor de importancia. Se incluyen ejemplos de algunos casos.

Datos de ejemplos se dan en % y el resultado se da en *Puntos*, después de haber' hecho as operaciones.

Perú: Factores de importancia y ejemplos

Factor	Factor de importancia	x	% en la muestra Ejemplos		
			1	2	3
Enrollamiento y M. Severo	10	1=10	3	5	2
M. Suave y Rhizoctonia	4	4=16	6	8	10
Otros virus	2	1=2	2	3	5
Pie Negro (<i>Erwinia</i>)	6	1=6	4	2	5
Mezclas y otras enfermedades	1	6=6	1	10	10
No permisible (0 para BW y carbón)					
Puntos		40	83	110	170

Fuente: Reglamento Especifico de la Semilla de Papa, 1987

Para practicar el ejemplo, escoja previamente la Categoría en Cada caso. Si el ejemplo 1 fuese para semilla básica, el campo podan ser- aceptado en la primera inspección pero rechazado en la en la segunda si mantiene el mismo nivel.

Perú: Puntaje máxima de tolerancia según las Normas

Categoría de semilla	1° inspección	2° inspección
Básica	60	30
Registrada	100	60
Certificada (o autorizada)	150	80

Fuente: Reglamento Especifico de la Semilla de papa, 1987

Holanda: Tolerancias de Certificación expresadas en factores de importancia.

Factor	S & SE		Básica		Certificada		C (una)
	1 ²	Ult.	1 ²	Ult.	A & B	Ult.	
Potato stipple streak, crinkle	32	64	16	32	16	32	6
Mosaico Severo	32	64	16	32	8	16	6
Mosaico Suave	32	64	16	32	1	1	0
Enrollamiento	8	32	8	32	8	32	16
Aucuba M., St. Mot.	4	8	4	8	2	4	6
<i>Verticillium W.</i>	1	1	1	1	1	1	0
Sospechosas	1	2	1	2	1	2	0
Fallas	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0
Pie Negro	0	0	0	0	A=10 & B=20*		30*

* Máximo por ha.

Holanda: Índice de enfermedad

Categoría	Índice de enfermedad* (máximo)
S y Super Elite (SE)	2
Elite (E)	3
Certificada A	4
Certificada B	8
Certificada C	12

* Si el índice excede 12, el campo se rechaza.

Fuente: de Bokx, 1972

Holanda: Ejemplo 1 de aplicación de las normas de certificación en campos, todos con 4%

de plantas enfermas / sospechosas/ fallas, que fueron saneados

	S & SE			A & B		
	Inc. (%) x	Factor	= IE	Inc. (%) x	Factor	= IE
Caso I						
Mosaico Suave	1	32	32	1	1	1
Enrollamiento	2	8	16	2	8	16
Sospechosas	1	1	10	1	1	1
Fallas	0	0.5	0	0	0.5	0
Total	4		49(R)			18(R)
En este campo no se hizo «roguing» y por tanto rechazado (R)						
Caso II						
Mosaico Suave	1	32	32	1	1	1
Enrollamiento	0.5	8	4	0.5	8	4
Sospechosas	0.5	1	0.5	0.5	1	0.5
Fallas	2	0.5	1	2	0.5	1
Total			37.5(R)			6.5(B)
En este campo sí se hizo «roguing» parcialmente y no se llegaron a extraer las plantas con PLRV y mosaico suave. Se le aceptó sólo para Certificada B						
Caso III						
Mosaico Suave	0	32	0	Campo fue saneado («roguing») antes que llegue inspector		
Enrollamiento	0	8	0			
Sospechosas	0	1	0			
Fallas	4*	0.5	2			
Total			2(E)			
En este caso todas las plantas enfermas y sospechosas fueron eliminadas («roguing»). El campo se aceptó en la categoría E = Elite.						

* Si las fallas exceden 6%, el campo no puede ser certificado como Básica (S, SE, E).

Caso IV: Resultado de 2da inspección; no se continuó con "roguing" después de lo ocurrido en el Caso II.

Caso 2	A, B o C		
	Incidencia	Factor	Índice
Mosaico Suave	1	1	1
Enrollamiento	0.5	32	16
Sospechosas	0.5	2	1
Fallas	2	0	0
Total			18(R)

Si no se continúa el «roguing», el campo es rechazado en la segunda inspección.

Fuente: Bokx, J.A. 1972.

Tolerancias y Categorías en Tubérculos / cosecha a empaque

Estas tolerancias se pueden expresar en la misma forma como para el cultivo (% y factor de importancia).

Los inspectores deben asegurarse de que la clasificación de los tubérculos por tamaño esté conforme. Se debe contar el número de tubérculos fuera del tamaño especificado.

Ejemplos de tolerancias:

Chile: Tolerancias máximas en la semilla (% en peso)

	Pre-básica	Básica	C1 y C2	C3
Pudrición húmeda	0	0	0	0.10
Pudrición seca	0	0	0.1	0.30
Tizón tardío y heladas	0	0	0.1	0.20
Sarna polvorienta	0	0	0.2	0.50
Sarna común grave (Figura 1)	5	10	15	20
Rhizoctonia grave (Figura 2)	5	10	15	15
Meloidogyne spp.	0	0	0.2	1
Deformaciones	0	0.5	1	1
Daño mecánico grave	0.5	0.5	1	1
Otras variedades	0	0	0	0.1
Materia inerte	0.5	0.5	0.5	1.0
Deshidratación excesiva	0.5	1.0	4.0	4.0
Deshidratación excesiva con pulpa negra	0	0	0.5	0.5

Fuente: Boletín Oficial de Semillas N° 50, 1990.

Perú: Factor de importancia de los tubérculos

	Factor de importancia	% en la muestra	= puntos*
Podredumbre blanda	10		
Podredumbre seca	7		
Rhizoctonia y Roña	4		
Mezcla varietal	1		
Fuera de tamaño, rajaduras, daño, pelado y deforme	3		
(No permisible el carbón o gangrena <i>Thecaphora solani</i>)			

* Puntaje máximo.

Fuente: Reglamento específico de la Semilla de Papa, 1987.

Perú: Puntaje máximo de tolerancia en tubérculos

Categoría de semilla	Puntaje máximo
Básica	40
Registrada	50
Certificada o Autorizada	60

Fuente: Reglamento específico de la Semilla de Papa, 1987.

Métodos para determinar niveles de tolerancia indicadas en las Normas

¿Por qué se ponen niveles de tolerancia? Porque tratándose de propagación vegetativa las enfermedades transmitidas por los tubérculos-semillas se acumulan aumentando el índice de contaminación y disminuyendo el rendimiento.

También porque los compradores desean adquirir tubérculos-semillas con bajos niveles de contaminación y lo más pura posible. A ellos es gustaría que la tolerancia sea lo más exigente posible. Porque el productor desea producir la mayor cantidad de tubérculos-semillas de a más alta calidad para reducir los costos de producción y ser más competitivo. Desea que la tolerancia sea 10 menos exigente posible para producir más, porque le rechazarán menos campos y podría ganar más.

Cada uno, desde su punto de vista, quisiera llevar ventaja para obtener así la mayor rentabilidad. Es por esto que el organismo certificador debe definir lo más conveniente. La norma debe, por tanto, ser lo más ajustada que la realidad lo permita para que todos obtengan beneficios. Normas demasiado exigentes favorecerán al usuario pero el productor perderá interés en participar en la producción.

Factores que influyen en el nivel de la norma

Se debe tomar en cuenta:

La zona de producción. La norma será más exigente en aquellos lugares que sea más fácil cumplir con la misma. Si la zona no es favorable, las semillas se contaminarán más rápido por lo que la norma debe ser menos exigente. En este último caso, el número de categorías debe ser mucho menor que si las condiciones son más apropiadas, como debería ser

- Los niveles de infestación de insectos vectores, plagas, enfermedades y malezas. Todos estos factores también tienen que ver con la zona de Producción. Una zona menos apropiada tendrá mayores niveles de estos factores que en una zona apropiada.

La tasa de “degeneración” de las variedades locales. A mayor tasa, mayor deberá ser la tolerancia.

- Considerar el grado de daños que tienen las enfermedades/ plagas presentes en la región para causar pérdidas reales (Toluca-Tizón Tardío).

- Se debe tomar en cuenta el número de multiplicaciones que se pretende llevar a cabo. Esto determina la cantidad de semilla deseada y a cantidad que sería posible producir. Las Normas deben ser lo suficientemente flexibles al principio para luego ajustarlas y hacer posible la producción de las semillas.

¿Cómo determinar los niveles de tolerancia? Los niveles son pre-establecidos de acuerdo a la opinión de técnicos entendidos. Estas se reajustan periódicamente por los resultados de investigación y por la opinión de investigadores, inspectores y productores.

- Las tolerancias deben ser realistas.

Al principio deben ser amplias y luego se deben ajustar según las posibilidades. Debe evitarse hacer lo opuesto.

Fundamentos sobre categorías de semilla

Tal como se indicó en la sección de los niveles de tolerancia. La propagación vegetativa necesaria para la producción de semilla, está vinculada generalmente a un proceso de "degeneración o pérdida de calidad" debido a la acumulación de enfermedades transmisibles por el tubérculo-semilla. Las enfermedades se acumulan, aumentan y por tanto disminuye el rendimiento. Al aumentar los ciclos de multiplicación aumentan también las tolerancias, lo cual se refleja en una denominación o "categoría" distinta. El nivel de tolerancia determina, por tanto, a categoría de la semilla.

La denominación de las categorías de semilla está indicada en las Normas de Certificación incluidas en la legislación de cada país. En el cuadro 2 se incluyen comparativamente los nombres de las categorías usadas en 5 países importantes. Se incluye también, en paréntesis, los nombres regularmente usados por los productores de semilla, pero que aún no se han incluido en la legislación oficial. Por ejemplo, el término "pre-básica" usado muy frecuentemente en los programas de semilla en Latinoamérica para nombrar a los tubérculos semillas producidos en ambientes confinados (invernaderos / casas de malla, etc.), sólo es oficial en Chile pero no así en el Perú ni en ningún otro país de Latinoamérica. Nótese también que en México a la semilla de categoría "pre-básica" se le llama directamente "básica", contrariamente a la usanza en otros países.

Cuadro 2 Nombre de las categorías oficiales usadas en las Normas de Certificación de 5 países importantes en producción de tubérculos-semillas. Las categorías en paréntesis no son oficiales.

Perú	Chile	Canadá	Holanda	México
1. (Pre-básica)*	1. Pre-básica*	1. (Pre-élite)*	1. Selecta	1. Básica*
2. Básica (I, II, III)	2. Básica	2. Élite I	2. Super Élite	2. Registrada I
3. Registrada	3. Certificada I (C-1)	3. Élite II	3. Élite	3. Registrada II
			4. Élite III	
4. Certificada	4. Certificada 2 (C-2)	5. Fundación	4. Certificada A	4. Registrada III
	5. Certificada 3 (C-3)	6. Certificada	5. Certificada B	5. Certificada
			6. Certificada C	
5. Autorizada				
6. Común				

* Semillas producidas en invernadero

Fuentes: Normas de certificación de cada país

Las normas de cada país indican si es posible o no mantener la misma categoría por más de un ciclo o multiplicación. Generalmente las normas indican una degradación automática de categoría en cada ciclo de multiplicación. Se argumenta, sin embargo, que si el lote de semilla mantiene los niveles de tolerancia de una determinada categoría, el lote debería mantener la misma categoría de la semilla que se sembró. Generalmente, sin embargo, ninguna norma permite que el lote semillero inscrito para producir una determinada categoría, el producto sea ascendido de categoría, pese a que el lote haya cumplido con los niveles de la(s) categoría(s) superior. En todo caso, si la norma o usanza así lo permite, las semillas producidas podrán mantener la misma categoría de la semilla usada en la siembra. La decisión de mantener o no la categoría dependerá en gran medida de los criterios que use el órgano certificador o sus funcionarios en función de la escasez o disponibilidad de semillas en el país.

Es importante finalmente indicar que generalmente los nombres de las categorías oficiales se usan solamente dentro del sistema formal de las normas de certificación. No es posible por ejemplo, que un productor de semilla que no está inscrito para producir semillas, pueda usar los nombres de las categorías (básica, certificada, etc.) para comercializar sus semillas. Los términos de las categorías están exclusivamente reservados para los usuarios del esquema formal de certificación. En un sistema informal o tradicional, la comercialización de estas semillas se deberá hacer con sus marcas o categorías propias (por ejemplo: Semilla de Calidad 1, 2, etc., a Semilla XX a YY).

Cuadro 3 Algunas características importantes de los sistemas de producción y certificación de tubérculos-semillas en 5 países importantes.

Características	Perú	Chile	Canadá	Holanda	México
Método de selección	In vitro Roguing	In vitro Clonal Roguing	In vitro Clonal Roguing	Clonal Roguing Roguing	In vitro Clonal Roguing
Categoría de semilla					
-Básica/Elite	(PB), B	PB, B	(PE),E(II)	S,SE	B
-Registrada/Elite	R	-	E(I y II)	E	R I,II,III
-Certificada (#)	C (1)	C(3)	F,C	C (3)	C (1)
-Otras	A, C	-	-	-	
Aislamiento					
-Zona de producción especial	No	Si (X Reg)	Si (NB-IPE)	Si	Si (Toluca, otros)
-Semilla-cultivo	10 m	200 m	60 m	No aplica	5-25 m
Tolerancia en Semilla Básica	PM=30-60				<u>Básica</u> <u>Registrada</u>
-M. severo y PLRV	f=10	0.25%	0.10%*	0.09%	0% 1% y 0.5%
-M. suave	f=4	0.25%	0.09%	0.05-2.0%	0% 1%
-Pie negro	f=6	0.25%	0.09%	0.0%	<u>Ninguna</u> <u>Ninguna</u>
-Punta morada	-	-	-	-	0% 0.5%
* Incluye también Pie Negro					
PM = puntaje máximo, f= falta					
Tolerancia en Semilla Certificada	PM=80-150				<u>Registrada</u> <u>Certificada</u>
-M. severo, PLRV & Pat. Suelo	f=10	1-3%	1.0%	0.5%	1% 1%
-M. suave	f=4	1-3%	4.0%	5.0%	1% 1%
-Pie negro	f=6	1-3%		0-0.02%	<u>Ninguna</u> <u>Ninguna</u>
-Punta morada	-	-	-	-	1% 1%
Pruebas de post-cosecha					
-S. básica	No	Si/No	Si	Si	No
-S. certificada	No	Si/No	Si	Si	No
Tamaño muestra (tubérculo)					
-S. básica	No	220-440	400	200-600	Norma Z-12
-S. certificada	No	110-330	400	100-200	" "
Responsabilidad del Estado (E) y Sector Privado (P)					
-«Limpieza»	E	E	E	P	E
-Mant. Germop	E	E	E	E	E
-Multiplic. Inicial	E/P	E/P	P	P	P/E
-Prod. Semilla	P	P	P	P	P
-Certificación	E(P)*	E(P)	E	P**	E
-Investigación	E	E	E	E/P	E/P
-Producción Var:	E	E/P	E	P	E
-Evaluación Var:	E	E/P	E/P	P	E

* CONASE/CORDESE = Autónomo

** NAK = Autónomo

Algunas características de los sistemas de certificación

En el Cuadro 3 se resumen algunas de las características más importantes que tienen cinco de los principales productores de tubérculos-semillas de papa. Por ejemplo, se indica en resumen el hecho que pese a que el sistema in vitro - invernadero-campo (IV-I-C) se ha difundido ampliamente en muchos países del mundo, en Holanda se mantiene aún el sistema clonal con muy poca o casi insignificante desarrollo del sistema V-I-C. Se incluyen también las categorías de semillas (Cuadro 2), las indicaciones de las normas sobre aislamiento y tolerancias en la semilla básica y en la última de la categoría de certificada.

Asimismo, se incluya en el Cuadro 3, las comparaciones de la responsabilidad de los distintos sectores en cuanto a varios aspectos importantes del sistema de certificación y producción de papa. Es importante resaltar el aumento de las responsabilidades del sector privado en todo el proceso y en general en el desarrollo de la industria semillera.

Bibliografía

Bryan, J.E. ?. Potato Certification, regulation, and criteria. Mimeo. 6 p.

De Bolo, J.A.(edit.) 1972. Viruses of potato and seed-potato production. CARD. Wageningen, The Netherlands. 233 p.

De Bokx, J.A., van der Want, J.P.H. (edits.). 1987. Viruses of potato and seed-potato production. PUDOC, Wageningen, The Netherlands. 259 p.

Gregg, B.R. et. al. 1975. Guia de inspeção de campos para produção de sementes. M. de Agricultura/AGIPLAN. Brasília 100 p.

Hirano, E. 1990. Métodos para determinar os niveis de tolerancia de un regulamento de certificação de sementes. Seminario sobre Investigaciones en tubérculo-semilla. Quito, Ecuador. Agosto 13-18, 1990. 11 p.

Young, N. 1990. Seed systems in developed countries: Canada, The Netherlands, and Great Britain. 012 128 p.

Reglamentos sobre Certificación de Semillas:

- Chile (Junio 1990)
- Peru (Setiembre 1987)
- Bolivia (1994)
- Oregon, USA (1993)
- México (1994)

Fascículo 5.4

Tamaño de las muestras para el control de calidad de tubérculos-semilla de papa

Alfredo García Goicochea

Introducción

Los agricultores necesitan semillas de alta calidad para que sus cultivos de papa tengan altos rendimientos. Mientras los agricultores demandan semillas que cumplan estrictas normas de calidad, los productores de semillas señalan que las normas muy rigurosas repercuten negativamente en los costos de producción y prolongan el tiempo necesario para producir mayores volúmenes. Las normas establecidas en varios países donde se producen tubérculos- semillas de papa tratan de mantener el equilibrio entre estas dos posiciones.

El estado sanitario es probablemente el factor más importante para determinar la calidad de los tubérculos-semillas. Aquéllas con bajos niveles de enfermedades generan plantas con altos rendimientos. Es por ello que los productores de semillas prestan especial atención al control fitosanitario de sus campos. Aunque

sería ideal verificar la presencia o ausencia de patógenos en todas las semillas, esto es imposible por la limitación de materiales, equipos, tiempo y por el elevado costo de tan minuciosa verificación. Sin embargo, podemos usar técnicas de muestreo para seleccionar una muestra representativa. Los resultados y conclusiones basados en la muestra pueden ser inferidos, con un razonable grado de confiabilidad, a la población o al campo de donde se extrajo la muestra.

En este documento se presentan las principales consideraciones para determinar el tamaño de muestra para el estudio de variables cualitativas expresadas en porcentaje.

Definiciones Básicas

Cuando una muestra es seleccionada al azar se dice que el muestreo es probabilístico. El muestreo probabilístico permite calcular estimadores no sesgados y proporciona los medios para determinar el tamaño de muestra más recomendable. Diferentes técnicas de muestreo pueden aplicarse de acuerdo a las características de la población y sólo estas técnicas producen estimadores no sesgados con variabilidad mínima.

Población.

Es un conjunto bien definido de elementos o unidades. Según el número de unidades, una población puede ser finita o infinita. De acuerdo a esta definición, el número de plantas de un campo productor de semillas corresponde a una población finita, aunque el número de plantas por hectárea es bastante alto (40,000 plantas por hectárea).

Parámetros.

Las principales características de una población se resumen en ciertas medidas llamadas parámetros. Los parámetros más importantes son: (1) la media (m), que representa a toda la población, por ejemplo el rendimiento promedio por hectárea, (2) la varianza (s^2) que mide el grado de homogeneidad de los individuos de la población, y (3) la proporción de elementos que presentan una característica (P), como la proporción de plantas afectadas por un virus, la que resulta de dividir el número de plantas afectadas entre el total de plantas del semillero.

Muestra.

Es un subconjunto de la población. Cuando no es posible estudiar a toda la población se selecciona una muestra al azar, de modo que podamos aplicar los estudios y conclusiones de la muestra a toda la población.

Estimadores.

Son valores que se calculan en base a los elementos de la muestra. La media de la muestra (\bar{x}) es un estimador no sesgado de la media de la población, la varianza de la muestra (s^2) es un estimador no sesgado de la varianza de la población y la proporción de individuos de la muestra que presentan una característica (p) que es un estimador no sesgado de P , que es la proporción de individuos de la población que presentan la característica.

La diferencia entre un estimador y el parámetro depende de la técnica de muestreo empleada y del tamaño de la muestra. Los muestreos al azar simple, al azar sistemático, estratificado y el multietápico son los más conocidos y ampliamente usados.

Las características de la población es uno de los factores mas importantes que se deben considerar cuando se está seleccionando una técnica de muestreo. El tamaño de la muestra depende de la precisión deseada, del tiempo para realizar el trabajo y del costo de seleccionar la muestra y analizar sus elementos.

En términos generales conforme el tamaño de la muestra aumenta, los valores de los estimadores de la muestra se aproximan a los parámetros. Si una población es homogénea, la muestra que de ella se seleccione también será homogénea y el valor del estimador será un muy cercano al parámetro.

Determinación del Tamaño de la Muestra

Determinar el tamaño de la muestra es uno de los problemas que se enfrenta cuando se va a realizar un muestreo. El tamaño repercute en el tiempo, materiales, y equipos que se requieren para realizar el trabajo. Muestras muy grandes ocasionan demasiados gastos, pero muestras muy pequeñas proporcionan resultados de poca utilidad práctica.

El siguiente ejemplo ilustra los pasos que se deben seguir para determinar el tamaño de muestra más adecuado. Suponga que un investigador desea conocer qué porcentaje de plantas de papa están afectadas por un determinado virus (P). Para resolver el problema debemos preguntar al investigador con qué exactitud desea conocer el porcentaje de plantas afectadas. Supongamos que él responde estar satisfecho si el porcentaje es correcto con un $\pm 5\%$, es decir que si la muestra resulta 8%, entonces el porcentaje real de plantas infectadas por el virus se encuentra entre 3% y 13%. Es importante informar al investigador que no nos es posible garantizarle tal precisión a menos que revisemos cada una de las plantas del campo. No importa cuan grande sea la muestra, siempre existe la posibilidad de seleccionar una muestra «desafortunada», cuyo resultado exceda el 5%. El uso del muestreo probabilístico nos permite seleccionar una muestra una oportunidad de 1 en 20 (0.05) de no ser representativa. Con esta información es posible iniciar el cálculo del tamaño de la muestra.

La presencia o ausencia de virus corresponde a una variable discreta que sigue una distribución binomial. La magnitud de la infección puede expresarse como porcentaje de plantas afectadas por el virus y porcentaje de plantas sanas. El tamaño de la muestra puede determinarse en forma exacta usando la distribución binomial, pero cuando el número de elementos de la población es muy grande, como el número de plantas de una hectárea, se puede usar la aproximación normal con buenos resultados.

En teoría, p se encuentra incluido en el rango ($P \pm 5$), salvo el caso que se halla tomado una muestra no representativa, cuya probabilidad es de 0.05. En el supuesto que p está normalmente distribuido alrededor de P , éste se encontrará en el intervalo $P \pm 2 s_p$.

Si $2\sigma_p = 5$ y como $\sigma_p = \sqrt{PQ/n}$ entonces

$$2\sqrt{PQ/n} = 5 \quad \text{y}$$

$$n = \frac{4PQ}{25} \quad (1)$$

En esta ecuación puede verse que el tamaño de la muestra, n , depende del valor de P .

Conforme el valor de P se aproxima a 0.5, el valor de n aumenta, pero cuando P se aproxima a cero o a uno el tamaño de la muestra disminuye (Tabla 1).

Cuadro 1 Variaciones en el tamaño de muestra de acuerdo al valor de P

P	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	0.99
n	15	76	144	256	336	384	400	384	336	256	144	76	16

Análisis del Problema

De acuerdo al ejemplo presentado podemos establecer los siguientes pasos para determinar el tamaño de una muestra:

- Debemos establecer, en términos numéricos, el objetivo del muestreo, señalando los márgenes del error permitido, o la acción a tomar cuando se conocen los resultados de la muestra.
- Debemos seleccionar la ecuación que nos permita calcular el tamaño de la muestra. La ecuación debe incluir un término indicando la precisión de la muestra.
- La ecuación seleccionada posiblemente incluirá algunos parámetros que, en caso de ser desconocidos, deben estimarse para poder calcular resultados específicos.
- Si estamos estudiando varias características, con diferentes niveles de precisión, podemos calcular diferentes tamaños de muestras, uno para cada característica. El tamaño final debe reconciliar todos estos valores.
- Una vez que se ha establecido el tamaño final de la muestra, n , debe evaluarse si se dispone de los recursos necesarios para tomar la muestra. Esto requiere evaluar el tiempo, costo, y materiales necesarios para seleccionar la muestra.

En algunas ocasiones cuando es evidente que el tamaño de la muestra debe ser reducida drásticamente, nos enfrentamos a una difícil situación para decidir entre reducir el tamaño y perder precisión o abandonar el esfuerzo hasta contar con más recursos.

Especificación de la Precisión

La precisión puede especificarse proporcionando la magnitud del error que uno está dispuesto a tolerar en los estimadores. En términos estadísticos la precisión está definida como la diferencia entre el estimador y el parámetro: $(p - P)$. El valor de la precisión depende fundamentalmente del uso que se va a dar a los resultados.

Fórmula para Determinar el Tamaño de la Muestra

Sea N el número total de plantas de la población, A el número de plantas afectadas por virus y $(N - A)$ el número de plantas sanas, de modo que:

$$P = \frac{A}{N} \quad \text{y} \quad Q = \frac{(N-A)}{N} \quad \text{y} \quad P + Q = 1$$

P es la proporción de plantas afectadas y Q la proporción de plantas sanas de la población. Estos parámetros son estimados por:

$$p = \frac{a}{n} \quad \text{y} \quad q = \frac{(n-a)}{n} \quad \text{y} \quad p + q = 1$$

donde n es el tamaño de la muestra, a es el número de plantas con virus y $(n-a)$ es el número de plantas sanas. El cálculo del tamaño de la muestra se presenta en dos pasos.

Paso 1

Calcular el tamaño preliminar de la muestra, n_1 , con la siguiente ecuación:

$$n_1 = \frac{t^2 pq}{d^2}$$

Donde t es el valor obtenido de la Tabla t de Student,

p es la proporción de plantas infectadas con el virus en una muestra preliminar,

q es la proporción de plantas sanas, y

d es el grado de precisión definido como $(p - P)$

Paso 2

Para obtener el tamaño final de la muestra, n , debemos multiplicar el valor preliminar, n_1 , por el factor de corrección k , el que toma en consideración el tamaño de la población.

$$k = \frac{1}{1 + \frac{n_1 - 1}{N}}$$

Si N es muy grande, el valor del factor de corrección, k , tendrá un muy próximo a la unidad, y el tamaño inicial no sufrirá grandes cambios.

El siguiente ejemplo ilustra estos dos pasos. Suponga que deseamos estimar la magnitud de la infección de un virus en un campo semillero de papa con una superficie de una hectárea, para lo cual debemos obtener una muestra. Para tener una información preliminar de P , tomamos una muestra de 30 plantas y encontramos que el 8% está afectada por el virus. Suponga que deseamos estimar el nivel de infección con una precisión de 5% y el riesgo de seleccionar una muestra no representativa es de 1 en 20 (0.05), entonces:

$$n_1 = \frac{(2^2) (8) (92)}{5^2}$$

$$n_1 = 181$$

El factor de corrección, k , para una hectárea de papa con 40,000 plantas es:

$$n_1 = \frac{1}{1 + \frac{181}{40000}}$$

$$k = 0.99$$

y el tamaño final de la muestra no será seriamente alterado por este factor:

$$n_1 = (181)(0.99) = 180$$

Como un segundo ejemplo suponga que conocemos el nivel de infección inicial (p) de la semilla de papa tiene un valor igual a 0.25% y que la máxima infección permitida al final del cultivo (P) es 0.75%, y deseamos hallar el tamaño de muestra más adecuado, si existe una probabilidad de 0.05 de obtener una muestra no representativa. El valor inicial será:

$$n_1 = \frac{(4) (0.25) (99.75)}{(0.25 - 0.75)^2}$$

$$n_1 = 399 \text{ El tamaño de muestra final será:}$$

$$n_1 = (399)(0.99) = 395$$

En algunos países productores de tubérculos-semillas de papa, la regulaciones gubernamentales especifican que la muestra debe tener 400 tubérculos, para lo cual seleccionan al azar cuatro puntos del semillero y toman un tubérculo de 100 plantas contiguas.

Cuadro 2 Tamaño de muestra para diferentes niveles de precisión, de acuerdo al grado de infección inicial (p) y la máxima infección permitida (P).

$t^2 \alpha$	p	q	P	Precisión	Tamaño de muestra
4	0.01	99.99	0.10	-0.0900	494
			0.25	-0.2400	69
			0.50	-0.4900	17
			1.00	-0.9900	4
4	0.10	99.90	0.25	-0.1500	1776
			0.50	-0.4000	250
			1.00	-0.9000	49
4	0.25	99.75	0.50	-0.2500	1596
			0.75	-0.5000	399
			1.00	-0.7500	177
			2.00	-1.7500	33
			3.00	-2.7500	13
4	0.50	99.50	1.00	-0.5000	796
			1.50	-1.0000	199
			2.00	-1.5000	88
			3.00	-2.5000	32
4	1.00	99.00	1.50	-0.5000	1584
			2.00	-1.0000	396
			2.50	-1.5000	176
			3.00	-2.0000	99
			4.00	-3.0000	44
4	2.00	98.00	2.50	-0.5000	3136
			3.00	-1.0000	784
			4.00	-2.0000	196
			5.00	-3.0000	87
4	5.00	95.00	6.00	-1.0000	1900
			8.00	-3.0000	211

* Redondeando el valor de t a 2 para $\alpha = 0.05$

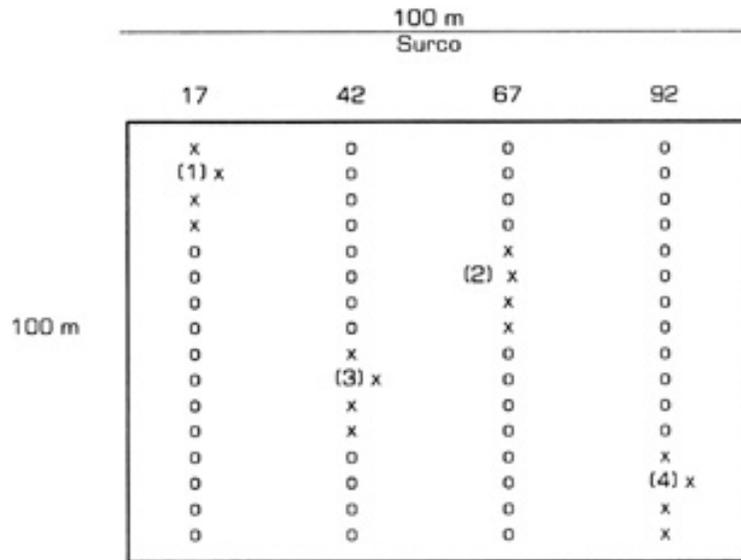
Selección de la Muestra

Una vez determinado el tamaño de la muestra, ésta debe ser seleccionada aplicando un muestreo aleatorio. Esto es válido si el virus está uniformemente distribuido en todo el campo. En este caso la muestra tratar de cubrir todo el campo. Por otro lado seleccionar tubérculos en el campo es más fácil que en el almacén.

El siguiente ejemplo se aplica a la selección de tubérculos o plantas. Supongamos que vamos a seleccionar una muestra de 400 tubérculos de un semillero de una hectárea, cuyas dimensiones son 100m x 100m. Las normas recomiendan que los tubérculos sean seleccionados de 4 puntos escogidos al azar, que corresponden a 4 surcos. En cada punto se selecciona un tubérculo de 100 plantas contiguas. Suponga que el distanciamiento entre surcos es de 1.0m y entre plantas de 0.25 m, (40,000 plantas por hectárea), de modo que el campo tiene 100 surcos. Los 4 surcos pueden seleccionarse en forma sistemática de modo que la muestra se distribuya entre todos los surcos. El primer surco de la muestra corresponde a un número

seleccionado al azar entre el 1 y 25 (supongamos el 17) y los otros surcos se seleccionan cada 25 surcos (42, 67, y 92). Una vez seleccionados los surcos, la longitud del campo puede dividirse en 4 sectores continuos de 25 m, cada uno con 100 plantas, numerándolos en forma consecutiva del 1 al 4. Luego puede procederse a seleccionar al azar, los 4 números que determinan la ubicación de los 4 grupos. Suponga que el orden de selección resultó: 1,3, 2, 4. La distribución de este muestreo puede verse en la siguiente figura.

Figura 1 Distribución de la muestra en un semillero de 1 ha (100m x 100m).



x representa 25 plantas de las cuales se selecciona un tubérculo
o representa 25 plantas no seleccionadas.

El tamaño y forma del campo influyen efecto en la forma de seleccionar la muestra, toda vez que es recomendable que los tubérculos de la muestra provengan de diferentes partes del semillero.

Otra forma de tomar la muestra sería seleccionar 8 surcos en lugar de 4 y disminuir el número de plantas de 100 a 50. De esta forma el muestreo cubre el campo en forma más homogénea. Es importante señalar que el tamaño de muestra hallado para un campo tiene validez estadística en forma exclusiva para dicho campo, sin embargo su valor puede tomarse como referencial para determinar el tamaño de muestra de otros campos.

Una vez determinado el tamaño de la muestra y la forma de seleccionarla se procede a evaluar las plantas y a calcular los estimadores y los límites de confianza. La proporción de plantas infectadas en el campo (P) es estimada por la proporción de plantas infectadas en la muestra (p). Como existen escasas probabilidades que el estimador sea igual al parámetro se procede a calcular la estimación por intervalo dada por la siguiente ecuación:

$$p \pm t_{0,05} \sqrt{PQ/n}$$

la que permite la estimación de intervalo con 0.05 probabilidades de tener un muestra no representativa. Suponga que p es igual a 0.03 y que t es igual a 1.96 entonces los límites de confianza son:

$$L.C. (P) = 0.03 \pm 1.96 \sqrt{(0.03)(0.97) / 291}$$

$$L.C. (P) = (0.0104, 0.0496)$$

Con base en estos resultados podemos concluir que existen 0.95 probabilidades de que los valores hallados incluyan a la verdadera proporción de plantas afectadas por el virus (P).

Bibliografía

Cochran G., William. 1965. Sampling Techniques. John Wiley & Sons., New York, EE.UU. 413 p.

Yates, Frank. 1960. Sampling Methods for Censuses and Surveys. Charles Griffin & Company Limited., London., Reino Unido. 440 p.

Yamane Taro. 1967. Elementary Sampling Theory. Prentice-Hall International Inc., London., Reino Unido. 405 p.

Fascículo 5.5

La Certificación de Semilla en el Perú

José L. Burga C.

La Certificación de Semillas es una actividad que ha estado en la funciones del Ministerio de Agricultura desde que se promulgó la Ley General de Semillas (D.L.Nº 23056) y la Sub Dirección de Certificación y Control de Semillas de la Dirección de Agricultura, tenía la responsabilidad de realizar dicha labor.

En la actualidad ya no existe tal Sub Dirección, debido a las reestructuraciones del sector, en realidad ésta función no está considerada entre las actividades del sector.

El proceso de Certificación se está realizando como un servicio en algunas zonas productoras de semillas, por los llamados CODESEs que fueron implementados por la decidida participación de la Fundación para el Desarrollo del Agro (FUNDEAGRO) a partir del año 1988; con el apoyo económico de la Agencia Internacional de Desarrollo (USAID) y el Tesoro Público (P.L.Nº 480).

Los Comités de Semillas

Son organizaciones agrarias reconocidas e inscritas en el Ministerio de Agricultura y en los Registros Públicos; tienen personería jurídica, son de derecho privado, apolíticas y sin fines de lucro, por lo tanto se rigen por Estatutos de acuerdo al Código Civil.

El Comité Departamental de Semillas (CODESE), de acuerdo a sus Estatutos tiene entre sus objetivos, reunir a los diversos entes que participan directamente en el proceso productivo, (mejoramiento, obtención de nuevas variedades y de semilla de calidad) y de su comercialización del insumo semilla,, en su ámbito ya sea departamental (CODESE), Sub Regional (CORDESE) o Regional (CORESE) y desarrollar actividades en bien de la producción de semillas de calidad y de capacitación a los productores y agricultores semillistas.

Están conformados por representantes de la actividad semillista del sector público y del sector privado, teniendo presente que los miembros del sector privado deberán tener la respectiva representatividad delegada por la organización o agrupación a la que representa.

El CODESE tiene una Junta Directiva la cual es elegida entre los miembros representantes de las organizaciones y está conformada por:

- Presidente (debe ser del sector privado)
- Vice Presidente
- Secretario
- Tesorero
- Vocal.

La Junta Directiva tiene la capacidad para efectuar contratos de personal de acuerdo a las necesidades y presupuesto, así como realizar convenios con entidades financieras u otras que tengan relación e interés en la producción de semillas de calidad. El CODESE Junín cuenta en la actualidad con un Gerente Técnico y una Secretaria Administrativa.

Los CODESEs por intermedio de sus respectivas Juntas Directivas y a través de la Comisión Nacional de Semillas (CONASE) han gestionado ante el Ministerio de Agricultura, la delegación de la función de Certificación; a la fecha vienen operando con dicha delegación los Departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Lima, Ica, Arequipa, Cusco, San Martín y Apurímac. El CODESE Junín tiene la delegación de parte del Ministerio de Agricultura a partir del día 12 de Junio de 1996 (R.M.Nº 0444-96-AG), y ha iniciado el proceso de Certificación de Semillas en el ámbito departamental con el apoyo de los productores y agricultores.

Certificación de Semillas de Papa

Existen los dispositivos legales que norman esta actividad: la Ley General de Semillas (Mayo, 1980), el Reglamento General de la Ley (D.S.Nº 044-82-AG, de Setiembre, 1982) y el Reglamento Específico de Semilla de Papa, (D.S.Nº 105-82-AG de Setiembre, 1982).

Posteriormente se han realizado modificaciones al Reglamento Específico, a fin de aclarar ciertos aspectos algo confusos en la redacción original; dichas modificaciones se han aprobado mediante D.S.Nº 036-83-AG; .D.S.Nº 023-87-AG.

La inscripción en el Registro del Productor de Semilla de Papa y la Autorización Fitosanitaria del Transporte son expedidas en forma gratuita (R.M.Nº 0191-94-AG, Mayo 1994). Este mismo dispositivo (Art. 2) lamentablemente se contradice con lo expresado en el D.S.Nº 023-87-AG, en el sentido que la comercialización, movilización y transporte de semilla, NO requerirán de autorización previa, salvo aquellas establecidas por medidas fitosanitarias específicas. Sobre éstos dispositivos legales se ha propuesto a la CONASE, la derogatoria de la citada Resolución Ministerial.

El Registro de Productores de Semillas y el Registro de Cultivares es de responsabilidad del Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) (D.S. Nº 013-95).

La Certificación, es un proceso técnico de supervisión y verificación de la genealogía, producción, procesamiento y análisis final de la calidad de las semillas y está destinada a mantener la pureza, identidad genética, calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla, de acuerdo con los requisitos establecidos en los reglamentos.

Siendo un proceso, entonces necesariamente hay que cumplir diversas etapas. En el Reglamento Específico (Art. 14º) se indican las categorías que se admiten para la Certificación: Básica, Registrada y Certificada, además de la categoría Autorizada que podrá incluirse cuando la producción de semilla de las otras categorías no sea suficiente.

El proceso de Certificación, se inicia con la inscripción del campo de multiplicación usando el formulario «SOLICITUD DE INSCRIPCION DE CAMPO DE MULTIPLICACION» que se le entrega al productor; debe incluir la siguiente información:

- Registro de productor de semilla
- Origen de la semilla y categoría
- Nombre del productor y lugar donde se produjo la semilla, año o campaña.
- Cultivo que tuvo el campo en la última campaña o año anterior. No podrá admitirse como un campo de multiplicación de semilla a aquel que en el año anterior haya sido sembrado con papa.
- Datos referenciales para ubicar el campo y un croquis de ubicación del semillero.
- Nombre del encargado del campo.

La solicitud debe entregarse al CODESE 30 días antes de la siembra, a fin de verificar la información contenida en la solicitud. La verificación puede hacerse posteriormente durante la Primera Inspección. Si este fuera el caso se deben anotar las diversas observaciones en el formulario «Hoja de Inspección». En el mismo formato se anotan las observaciones que correspondan a la 2da. Visita de Inspección que deberá hacerse durante la etapa de desarrollo del cultivo inicio de la floración, cuando las plantas aún no se «toquen» entre sí, siempre que el cultivo permita el fácil desplazamiento del Inspector en el campo. Para realizar la inspección se sigue un recorrido al azar tratando de efectuar la mejor cobertura del campo y tener una apreciación que permita la calificación imparcial de la real situación del «semillero». Para la calificación del campo se aplica el Art. 25º que se refiere al factor de importancia y al puntaje máximo por categoría, según se aprecia en los siguientes cuadros:

Cuadro 1 Factor de importancia en los campos de multiplicación, según las Normas Específicas para Papa.

Enfermedades	Factor de Importancia	% en la Muestra	Puntos
- Enrollamiento y/o mosaico severo	10		
- Mosaico suave y/o Rhizoctonia	4		
- Otros virus	2		
- Erwinia (Pie negro)	6		
- Mezcla varietal y otras enfermedades	1		
- No permisible la Marchitez Bacteriana (<i>Pseudomonas solanacearum</i>).			

Para obtener el porcentaje de las principales enfermedades de un campo de multiplicación para las diferentes categorías de semilla por hectárea o fracción de hectárea, se contará 100 plantas de un surco elegido al azar, repitiendo esta operación en 6 surcos diferentes.

En el mismo formato de inspección se anotan también las observaciones y la calificación final de la semilla cuando se lleva a cabo la 3ra. Visita de Inspección, que debe realizarse en el almacén cuando la semilla se encuentra seleccionada, clasificada y envasada.

Para realizar esta calificación se deberá tener en cuenta lo establecido en el Art. 30º que se refiere al factor de importancia en los tubérculos y el puntaje máximo para cada categoría de semilla, según se aprecia en los siguientes cuadros

Cuadro 2 Puntaje máximo de tolerancia en las inspecciones de campo para las diferentes categorías de semilla

Categoría de Semilla	Puntaje Máximo	
	1ra. Inspección	2da. Inspección
- Certificada o Autorizada	150	80
- Registrada	100	60
- Básica	60	30

Cuadro 3 Factor de importancia en tubérculos-semillas

Enfermedades	Factor Importancia	% en la Muestra	Puntos
- Podredumbre blanda	10		
- Podredumbre seca	7		
- Rhizoctonia y Roña	4		
- Mezcla varietal	1		
- Fuera de tamaño, rajaduras, daño, pelado y deforme	3		
- No permisible el carbón o gangrena (<i>Thecaphora solani</i>) y la Marchitez Bacteriana (<i>Pseudomonas solanacearum</i>)	-		

Cuadro 4 Puntaje máximo de tolerancia en tubérculos

Categoría de Semilla	Puntaje Máximo
- Certificada o Autorizada	60
- Registrada	50
- Básica	40

Luego de las inspecciones correspondientes, la semilla es calificada como apta para su comercialización, se entrega al productor las «Etiquetas Oficiales de Certificación». De acuerdo a la categoría de la semilla le corresponde el color blanco, para REGISTRADA el color rojo, para CERTIFICADA el color azul-celeste y para la categoría AUTORIZADA el color verde.

Las etiquetas oficiales deberán contener la siguiente información:

- Nombre del ente certificador
- Cultivar
- Categoría de la semilla
- Número de la etiqueta
- Fecha de etiquetado.

En el reverso de la etiqueta se incluye la siguiente leyenda: «Según declaración del productor, la semilla contenida en este envase proviene de los campos inspeccionados por el Comité Departamental de Semillas de Junín. Esta semilla cumple con los requisitos mínimos de calidad establecidos en la reglamentación vigente».

Según lo establecido en el Art. 65º Inciso «a» del Reglamento Específico, el productor deberá pagar el 2% del valor comercial promedio de la semilla

El CODESE entrega al productor un documento que ampara ese cobro (recibo de «Tasa de Certificación») y el monto recabado constituye el ingreso propio que le ha de permitir al CODESE mantener sus actividades operativas e implementarse adecuadamente a fin de otorgar un mejor servicio al productor de semilla certificada.

Todos los documentos que se utilizan (Solicitud de Inscripción, Hoja de Calificación y Hoja de Análisis de Semillas - para granos), tienen original y tres copias, las mismas que se distribuyen en la siguiente forma:

- Original : CODESE Junín
- 1ra. Copia : Productor
- 2da. Copia : Agricultor
- 3ra. Copia : Ministerio de Agricultura (SENASA).

Para el mejor cumplimiento de las actividades de certificación de semillas, deben confluír armoniosamente los diversos intereses, tanto del Productor como del Inspector de semillas. El Productor deberá ser una persona accesible, que acate y cumpla con las observaciones y recomendaciones hechas por el «Inspector», realizar concienzudamente las labores propias que exige un semillero, ser honesto y contar con las instalaciones mínimas para el buen manejo de la cosecha y almacenamiento de la semilla.

El Inspector deberá conocer perfectamente las variedades o cultivares en proceso de multiplicación; tener suficiente experiencia en el conocimiento tecnológico del cultivo de papa, especialmente para semilla. Deberá ser totalmente imparcial y justo en sus actos frente al agricultor-productor; actuar honestamente y en forma amigable en todo momento, no efectuar las inspecciones en forma tal que ocurran enfrentamientos o actitudes hostiles y ser firme en sus decisiones.

Características del Productor o Empresa Productora de Semilla de Papa:

- Ser persona natural o jurídica dedicada al cultivo de papa.
- Tener pleno conocimiento del manejo o conducción del cultivo. Esto supone debe conocer plenamente el control de plagas y enfermedades que deterioran la calidad de la semilla, así como la fertilización y abonamiento apropiados.
- Poseer solvencia moral y económica.
- Tener asesoría técnica.
- Ser accesible a las observaciones y cumplir con las recomendaciones dejadas por el Inspector.
- Ser honesto en todos sus actos relacionados a la producción de semillas así como en su comercialización.
- Cumplir con todo lo establecido en el Reglamento Específico de Semilla de Papa y sus modificaciones.
- Disponer de campos (en propiedad o alquiler) suficientes que le permita hacer apropiada rotación de cultivos y no repetir el sembrío de la papa en el mismo campo.
- Disponer de un depósito y/o bodega para realizar la selección y clasificación de la semilla así como el almacenamiento apropiado.
- Tener su Guía de Remisión, Boleta de Venta o Factura, del mismo modo sus propias etiquetas, las que debe incluir en cada envase incluyendo toda la información requerida (Art.38º del Reglamento Específico).

- Coordinar con el Inspector Certificador de Semillas, las diversas actividades relacionadas con la producción, cosecha, selección y clasificación de la semilla, a fin de que las visitas de inspección se realicen armoniosamente.

Resumen del Proceso para la Certificación de Semillas

Inicio del proceso. El productor debe:

- Estar inscrito en el Registro Oficial de Productor de Semilla que lleva el SENASA.
- Contar con los recursos suficientes para la mejor atención del cultivo (humanos, técnicos y económicos).
- Ser honesto en todos sus actos.
- Poseer terrenos (propios o en alquiler) suficientes para la rotación del cultivo.
- Contar con semilla de procedencia conocida.
- Tener su propia etiqueta así como un logotipo o marca de fácil reconocimiento e identificación.
- Contar con documentos de comercialización (boletas e venta, guía de remisión, factura).
- Acceder a las recomendaciones y observaciones del Inspector de Certificación.

En el proceso mismo:

- Se deberá llenar la solicitud de inscripción de campo de multiplicación con información verídica.
- El productor deberá acceder a las inspecciones de campo y de almacén y firmar las respectivas hojas de inspección.
- Se deberán colocar las etiquetas propias en el interior de los envases y las etiquetas oficiales deberán ser cosidas al envase en forma visible.
- Pagar el porcentaje correspondiente por la certificación (2% papa, 3% leguminosas).

Para la comercialización (D.S. N° 023-87-AG):

- Llenar la Guía de Remisión
- Obtener del SENASA el documento de movilización de semilla

El Transportista:

- Presentar en las garitas de control las Guías de Remisión, el Certificado de Movilización emitido por el SENASA y la autorización de compra (del usuario de la semilla).

Otros: El productor debe:

- Luego de terminada la cosecha, selección y clasificación de la semilla, informar a la entidad certificadora (CODESE) de la cantidad de semilla obtenida (Art.28° - Reglamento Específico de Semilla de Papa).
- Remitir copia de la Guía de Remisión de CODESE.

Bibliografía

Reglamento Específico de la Semilla de Papa y Ley general de Semillas y su Reglamento. 1987. Ministerio de Agricultura, Lima-Perú.