

MINISTERIO DE AGRICULTURA



Instituto Nacional de Innovación Agraria

PAPA COMPENDIO DE INFORMACION TECNICA



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA

DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA

PAPA
COMPENDIO DE
INFORMACION TECNICA

© INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGRARIA –INIA

DIRECCION GENERAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA

DIRECCIÓN GENERAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA AGRARIA

Revisión:

Comité Central de Edición y Publicaciones

Composición e Impresión

Dirección de Comunicaciones Técnicas

Primera Edición:

Noviembre, 1994

Tiraje: 300 ejemplares

Primera Reimpresión:

Mayo, 2002

Tiraje: 200 ejemplares

Prohibida la reproducción total o parcial sin la autorización

CONTENIDO

Botánica sistemática y morfología de la papa	5
Desarrollo fisiológico de tubérculos-semillas de papa	22
Siembra de papa	34
Descarte de plantas de papa	46
El tizón tardío de la papa	54
El tizón temprano de la papa	73
La pudrición blanda y la pierna negra de la papa	82
La marchitez bacteriana de la papa	95
El virus del enrollamiento de la hoja de la papa	104
Nematodos parásitos de la papa	118
Nematodos del quiste de la papa	129
Desinfeste el substrato de siembra con bromuro de metilo	143
Desinfeste el substrato de siembra por el método de la solarización	151
Cámara de termoterapia de bajo costo para la erradicación del virus de la papa.	166

BOTANICA SISTEMATICA Y MORFOLOGIA DE LA PAPA

Zósimo Huamán¹

1. INTRODUCCION

El conocimiento de la botánica sistemática y la morfología de la papa es importante para entender aspectos botánicos de la planta, que se relacionan con la investigación y la producción de la papa.

Botánica sistemática es la identificación organizada, la clasificación y la denominación de las plantas de acuerdo con un sistema de reglas.

Todas las plantas incluidas en un grupo comparten un número de atributos (caracteres) similares, tales como forma y estructura.

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

2. BOTANICA SISTEMATICA Y DISTRIBUCION

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

Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Sección	Petota

Esta sección se subdivide en series, especies y subespecies. Todas las especies de papa, tanto cultivadas como silvestres, pertenecen a la Sección Petota.

Hay varios sistemas de clasificación de la papa, los cuales se basan principalmente en el número de series y especies reconocidas. Así, hay tres sistemas de clasificación de las variedades cultivadas de papa, los cuales reconocen 3,8 o 18 especies, según el grado de variación existente dentro de cada característica usada para distinguir una especie de la otra. De ellos, el que reconoce ocho especies cultivadas es el más universalmente utilizado.

¹Científico Centro Internacional de la Papa

La papa puede ser clasificada en niveles de ploidía. Ploidía es el número de juegos (x) de cromosomas presentes en una célula vegetativa (somática). Las células vegetativas normalmente contienen como mínimo dos juegos de cromosomas. El juego de cromosomas de la papa consta de 12 cromosomas, es decir, $x=12$. Las células somáticas de las especies cultivadas de papa pueden variar entre el nivel diploide y pentaploide (ver Tabla). La expresión $2n$ simboliza el total de juegos de cromosomas y, en consecuencia, el número total de cromosomas en las células vegetativas en cualquier nivel de ploidía.

Las ocho especies cultivadas son:

Especies	Número de cromosomas	Nivel de ploidía
<i>S. x ajanhuiri</i> <i>S. goniocalyx</i> <i>S. phureja</i> <i>S. stenotomum</i>	$2n = 2x = 24$	diploide
<i>S. x chaucha</i> <i>S. x juzepczukii</i>	$2n = 3x = 36$	triploide
<i>S. tuberosum</i> <i>ssp. tuberosum</i> <i>ssp. andígena</i>	$2n = 4x = 48$	tetraploide
<i>S. x curtilobum</i>	$2n = 5x = 60$	pentaploide

La x en un nombre botánico indica que tal especie es un híbrido. ssp. = subespecies.

Entre estas ocho especies cultivadas de la Sección Petota, solamente la *Solanum tuberosum ssp. tuberosum* es cultivada en todo el mundo. Las demás están restringidas a los países andinos donde se encuentran millares de cultivares primitivos. Se han coleccionado más de 13 000 muestras de cultivares andinos mediante expediciones de recolección patrocinadas por el CIP. Esas muestras forman parte de la Colección Mundial de Papa.

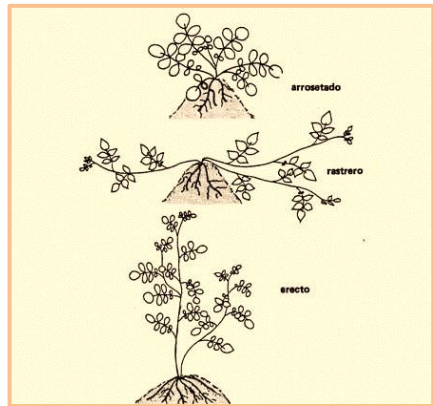
Hay cerca de 200 especies silvestres consideradas taxonómicamente distintas. Ellas van desde el nivel de las diploides ($2n=2x=24$ cromosomas) hasta el de las hexaploides ($2n=6x=72$). Todas estas especies existen sólo en América: crecen desde el sur de Estados Unidos, a través de México, América Central, los países andinos hasta el sur de Chile. Se encuentran desde el nivel del mar hasta más de 4 000 m de altitud. Aunque la mayoría de las especies silvestres son tuberíferas, algunas no forman tubérculos.

Entre las especies silvestres y cultivadas se encuentran marcadas diferencias morfológicas. Esta clase de diferencias también es muy notable entre las especies cultivadas y dentro de cada una de ellas. Además, la morfología de la papa puede ser afectada por factores ambientales como la temperatura, la duración del día, la humedad y la fertilidad del suelo.

La descripción presentada en las páginas siguientes se refiere solamente a las papas cultivadas.

3. HABITO DE CRECIMIENTO

La papa es una planta herbácea. Su hábito de crecimiento cambia entre las especies y dentro de cada especie. Cuando todas, o casi todas, las hojas se encuentran cerca de la base -o en la base- de tallos cortos, y están cerca del suelo, se dice que la planta tiene hábito de crecimiento arrosetado o semiarrosetado. Las especies *S. x juzepczukii*, *S. x curtilobum* y *S.x ajanhuiri*, que resisten a las heladas, se caracterizan por tener esos hábitos de crecimiento. Entre las demás especies se pueden encontrar los siguientes hábitos de crecimiento: rastrero (tallos que crecen horizontalmente sobre el suelo), decumbente (tallos que se arrastran pero que levantan el ápice), semierecto y erecto.

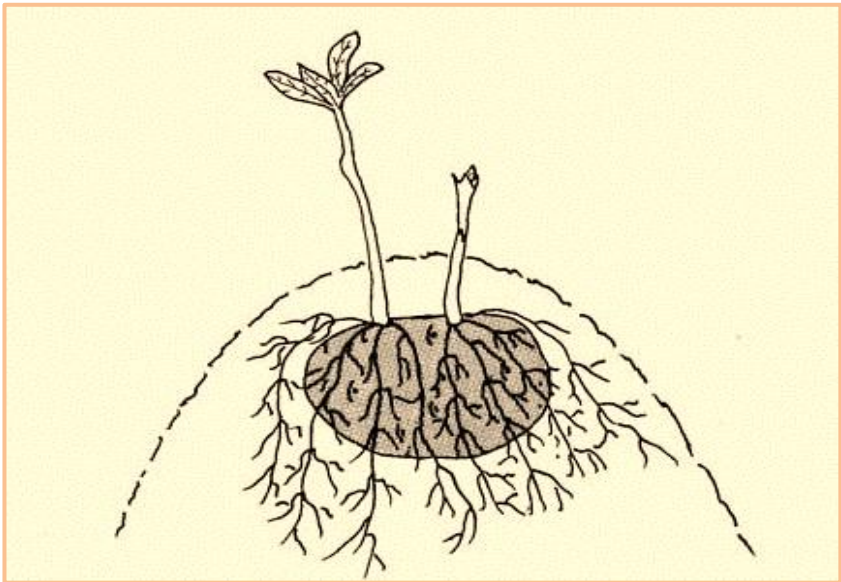


El hábito de crecimiento de la papa cambia entre las especies y dentro de cada especie

4. RAICES

Las plantas de papa pueden desarrollarse a partir de una semilla o de un tubérculo. Cuando crecen a partir de una semilla, forman una delicada raíz axonomorfa con ramificaciones laterales. Cuando crecen de tubérculos, forman raíces adventicias primero en la base de cada brote y luego encima de los nudos en la parte subterránea de cada tallo. Ocasionalmente se forman raíces también en los estolones. En comparación con otros cultivos, la papa tiene un sistema radicular débil. Por eso se necesita un suelo de muy buenas condiciones para el cultivo de la papa. El tipo de sistema radicular varía de delicado y superficial a fibroso y profundo.

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



Las plantas que crecen de tubérculos, forman raíces adventicias en la base de cada brote

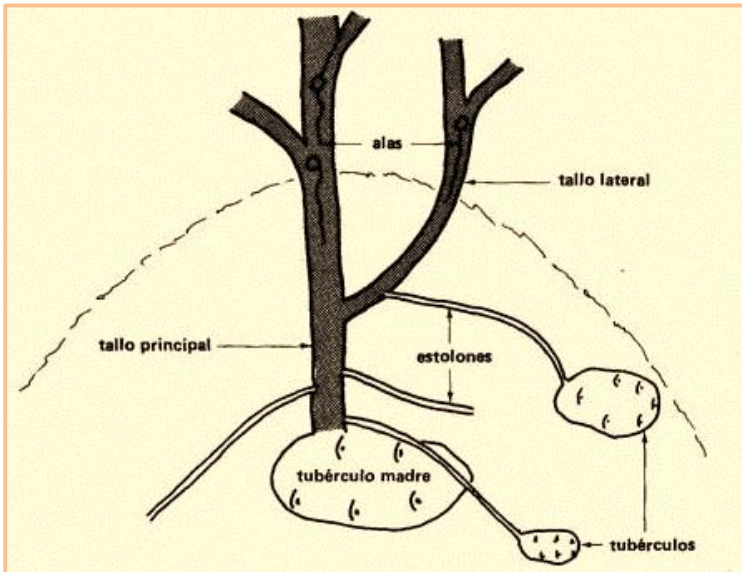
5. TALLOS

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

En un corte transversal, los tallos de papa presentan formas entre circulares y angulares. A menudo, en las márgenes angulares se forman alas o costillas. Las alas pueden ser rectas, onduladas o dentadas. El tallo es generalmente de color verde y algunas veces puede ser de color marrón-rojizo o morado.

Los tallos pueden ser sólidos o parcialmente tubulares debido a la desintegración de las células de la médula.

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

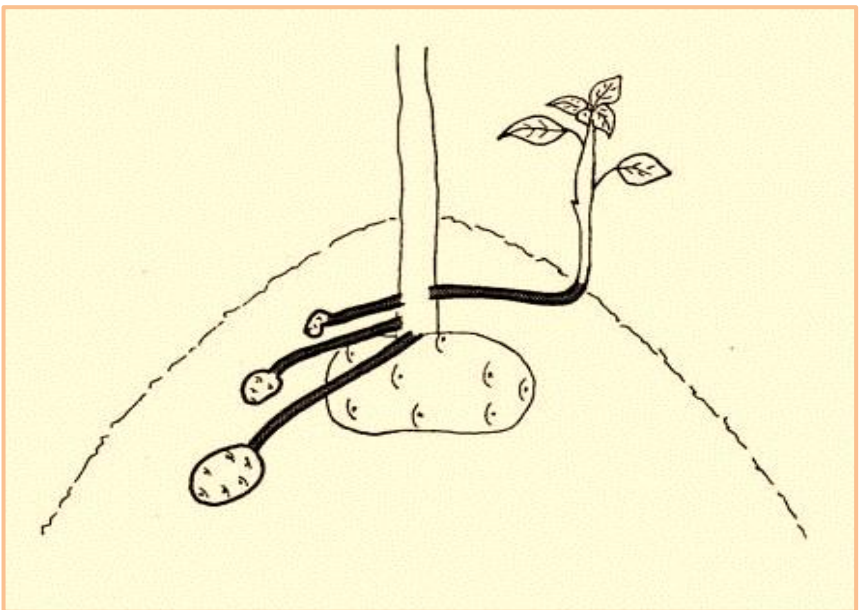


El sistema de tallos de la papa consta de tallos, estolones y tubérculos

6. ESTOLONES

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

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



Los estolones son tallos que crecen horizontalmente por debajo del suelo y pueden eventualmente formar tubérculos por un agrandamiento de su extremo distal

7. TUBERCULOS

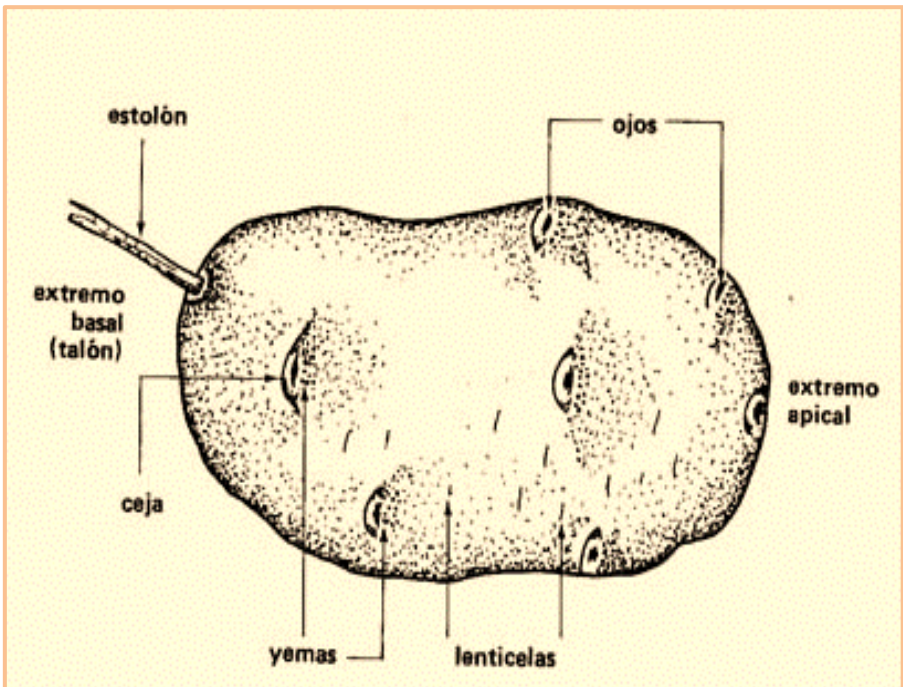
Morfológicamente descritos, los tubérculos son tallos modificados y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa. Un tubérculo tiene dos extremos: el basal, o extremo ligado al estolón, que se llama talón, y el extremo opuesto, que se llama extremo apical o distal.

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

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

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

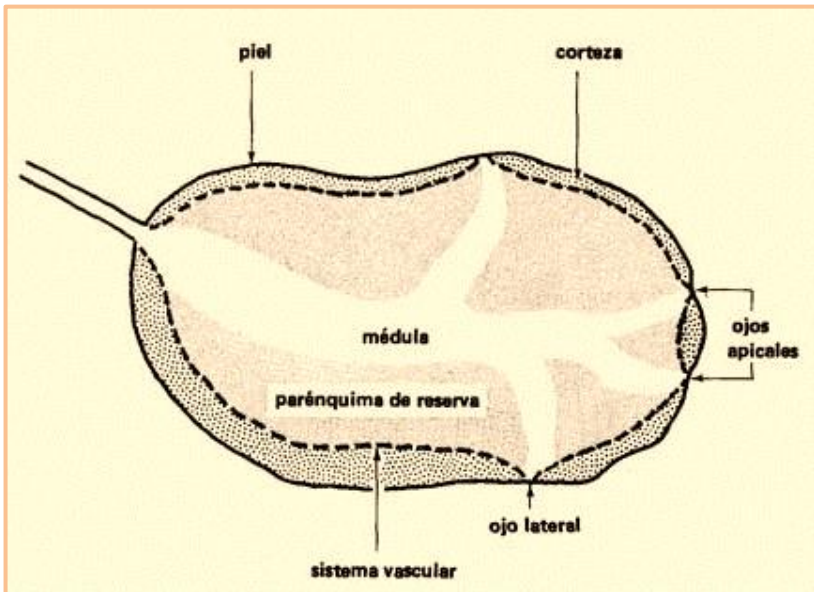
En un corte longitudinal el tubérculo muestra los elementos siguientes, del exterior hacia el interior; peridermo o piel, corteza, sistema vascular, parénquima de reserva y tejido medular o médula.



Los tubérculos son tallos modificados...

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

Por eso, el daño de la piel es frecuente cuando se cosechan tubérculos antes de su madurez.



...y constituyen los principales órganos de almacenamiento de la planta de papa

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

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

El sistema vascular conecta los ojos del tubérculo entre sí y al tubérculo con otras partes de la planta.

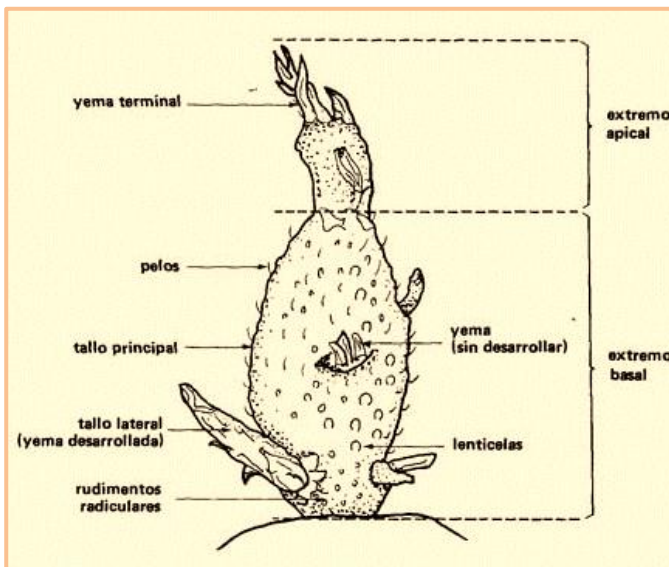
Dentro del anillo vascular se encuentra el parénquima de reserva, que es el tejido principal de almacenamiento y ocupa la mayor parte del tubérculo. La médula constituye la parte central del tubérculo.

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

8. BROTES

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

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

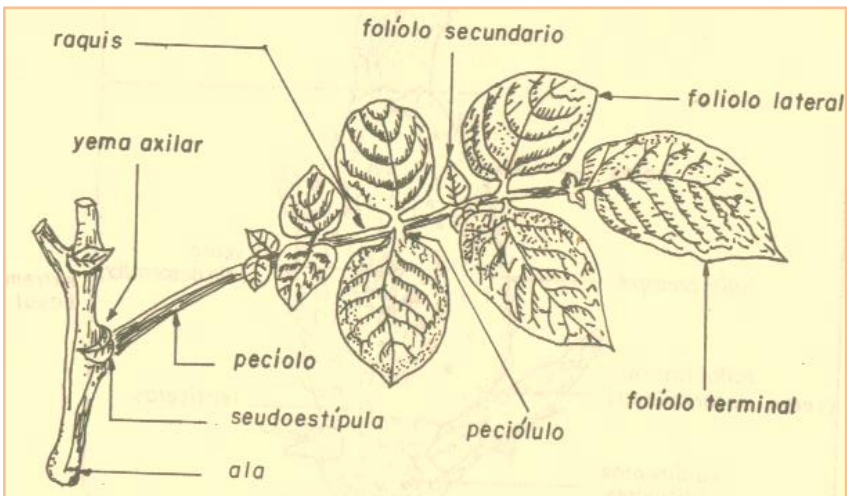


Partes de un brote. Los brotes crecen de las yemas que se encuentran en los ojos del tubérculo

9. HOJAS

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

En la base de cada pecíolo se encuentran dos hojuelas laterales llamadas seudo estípulas. La forma y tamaño de ésta, así como el ángulo de inserción del pecíolo en el tallo, son caracteres varietales distintivos muy útiles. Desde el punto de inserción del pecíolo, pueden extenderse hacia abajo, las alas o costillas del tallo.

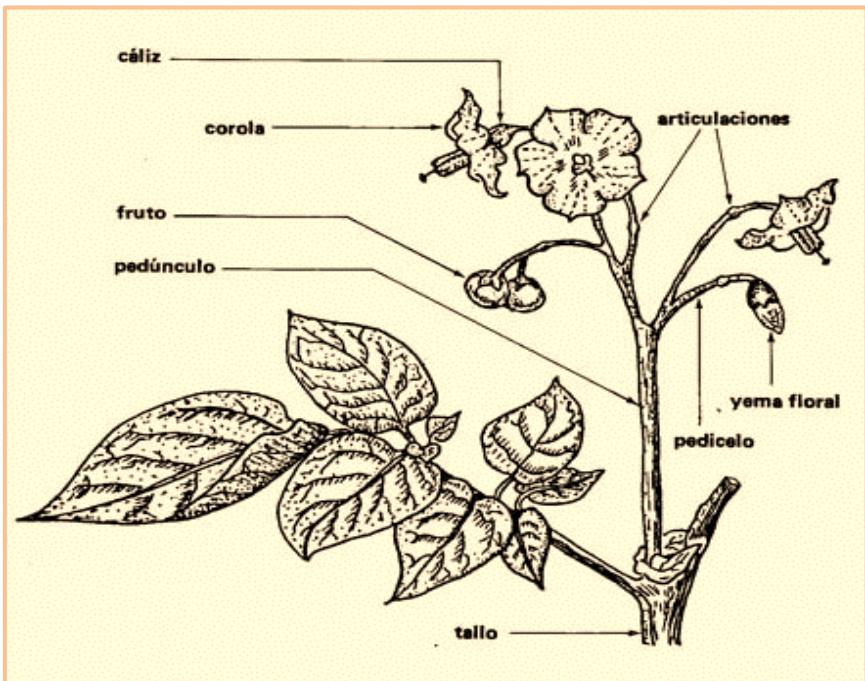


Normalmente, las hojas son compuestas, es decir, tienen un raquis central y varios folíolos

10. INFLORESCENCIA, FLOR

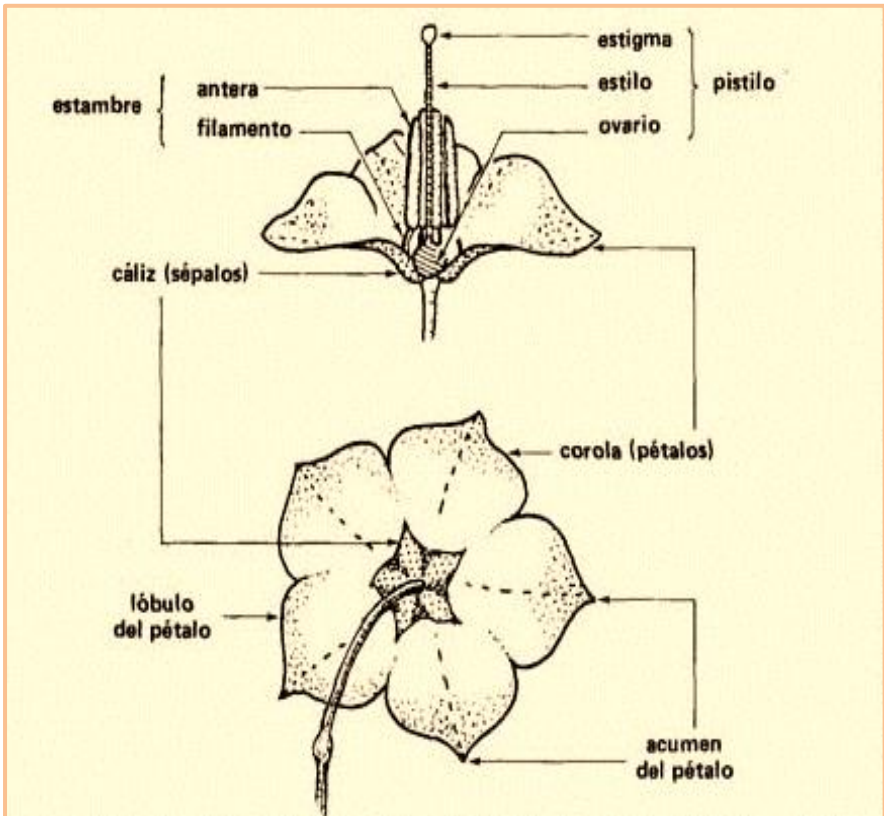
El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos ramas. De esta manera se forma una inflorescencia llamada cimosa.

De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyas puntas superiores se encuentran los cálices. Cada pedicelo tiene una coyuntura o articulación en la cual se desprende del tallo las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. La posición de la articulación es uno de los caracteres taxonómicos más útiles de la papa.



El pedúnculo forma una inflorescencia cimosa

Las flores de la papa son bisexuales, y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo. Los estambres son el órgano masculino llamado androceo, y el pistilo es el órgano femenino llamado gineceo.



Las flores de la papa son bisexuales y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo

El cáliz consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base para formar una estructura con forma de campana debajo de la corola. La forma y el tamaño de los lóbulos o partes no unidas de los sépalos varían según la variedad. El cáliz puede ser de color verde, o estar parcial o totalmente pigmentado.

La corola tiene cinco pétalos, ligados en la base para formar un tubo corto y una superficie plana de cinco lóbulos. Cada lóbulo termina en una punta triangular o acumen. La corola es generalmente redonda. Algunos cultivares primitivos tienen corolas pentagonales o como estrellas. La corola puede ser de color blanco, azul claro, azul, rojo, o morado en diferentes tonos e intensidades.

El androceo consta de cinco estambres que alternan con los pétalos. Cada estambre consta de antera y filamento que está unido al tubo de la corola. Las anteras generalmente están unidas en una columna cónica alrededor del pistilo, pero en algunas variedades cultivadas pueden estar separadas. El color de las anteras varía de amarillo claro a naranja intenso. Los granos de polen son esparcidos a través de poros ubicados en la punta de la antera.

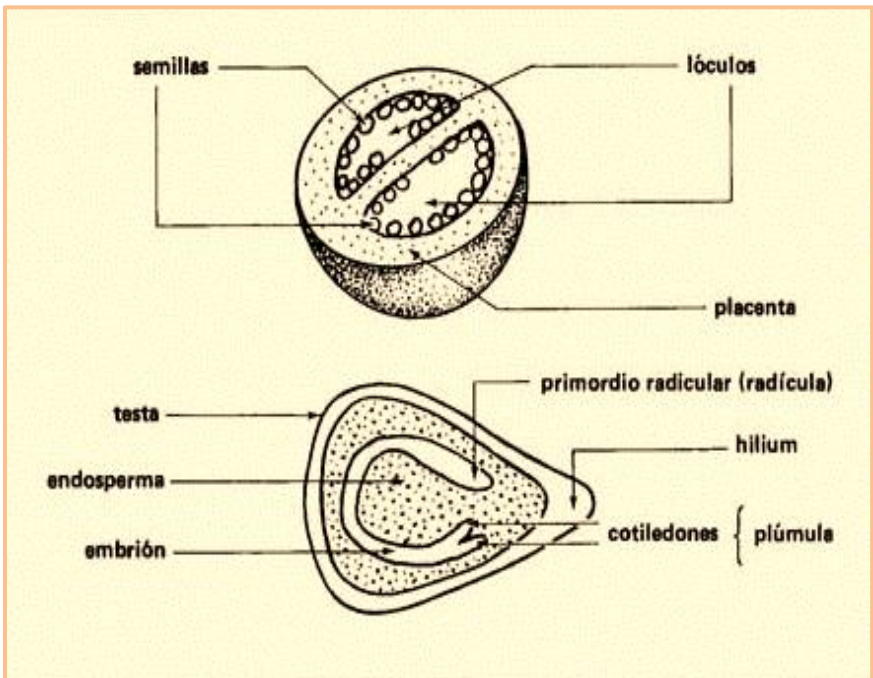
El gineceo de la flor consta de un solo pistilo que está compuesto de ovario, estilo y estigma. El ovario es superior porque los sépalos, pétalos y estambres están unidos al receptáculo justo debajo del ovario. En un corte transversal, el ovario presenta dos cavidades (o lóculos y, por eso, es bilocular) donde generalmente, hay numerosos óvulos distribuidos en la periferia de la placenta (placentación axilar).

El estilo es una prolongación del pistilo que conecta el estigma y el ovario. La longitud del estilo puede ser mayor, igual o menor que la de los estambres. El estigma es la parte receptiva del pistilo, donde germinan los granos de polen para crecer a través del estilo. Después de la fertilización, los óvulos se desarrollan para convertirse en semillas.

11. FRUTO, SEMILLA

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

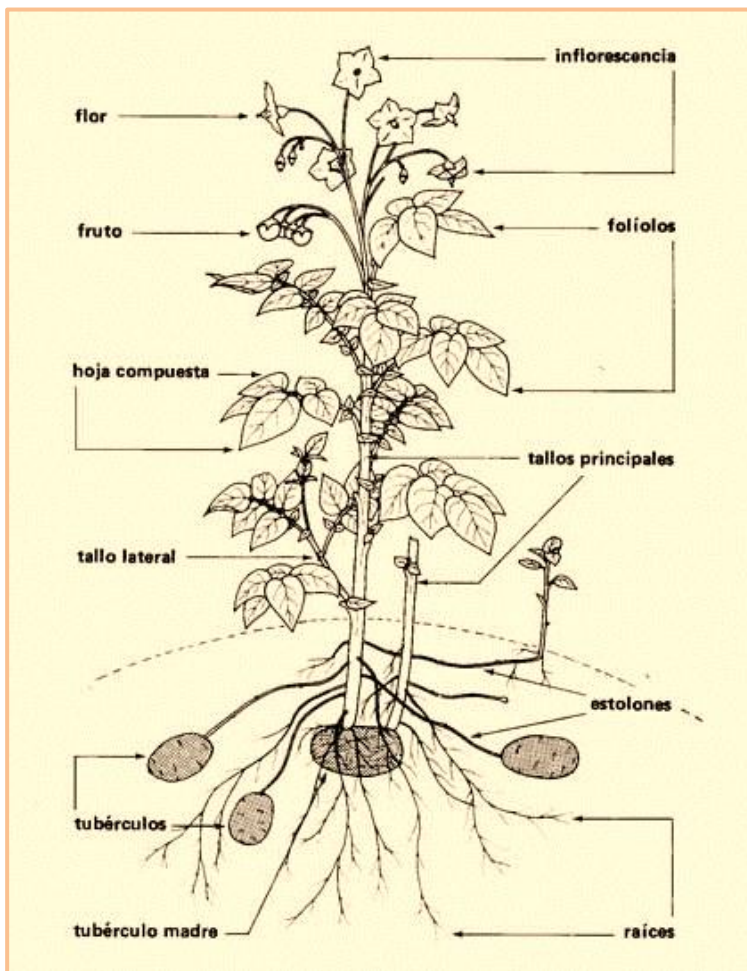
El número de semillas por fruto llega a más de 200 según la fertilidad de cada cultivar. Las semillas son planas, ovaladas y pequeñas (1 000 - 1 500 semillas por gramo). Cada semilla está envuelta en una capa llamada testa, que protege al embrión y un tejido nutritivo de reserva llamado endosperma.



El ovario presenta dos lóculos (arriba). La forma de embrión es generalmente curva como una U (abajo)

La forma del embrión es generalmente curva como una U y orientada hacia el punto de unión con la placenta (hilum). El embrión tiene dos polos opuestos, de los cuales uno, la radícula, constituye el primordio radicular y el otro, la plúmula, contiene dos cotiledones.

Las semillas son también conocidas como semilla verdadera o botánica, para distinguirlas de los tubérculos-semillas, o sea tubérculos utilizados para producir cosechas de papa.



Morfología de la planta de papa

12. LECTURAS ADICIONALES

1. BURTON, W.G. 1966. The potato. Veenman & Zonen, Wageningen, The Netherlands. 382 pp.
2. HAWKES, J.G. 1978. Biosystematics of the potato. In: Harris, P.M. (ed). The potato crop; the scientific basis for improvement. Chapman & Hall. Londres, pp. 15-69.
3. OCHOA, C. 1972. El germoplasma de papa en Sud América. En: French, E.R. (ed) Prospects for the potato in the developing world. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. pp.68-84.

DESARROLLO FISIOLÓGICO DE TUBERCULOS-SEMILLAS DE PAPA

Siert G. Wiersema²

1. INTRODUCCION

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

2. ENVEJECIMIENTO FISIOLÓGICO

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

La edad cronológica se refiere a la edad del tubérculo desde el momento de la iniciación del tubérculo o desde su cosecha. Se expresa en días, semanas o meses sin referencia a las condiciones ambientales. Científicamente es más correcto medir la edad basándose en la fecha de iniciación de la tuberización que en la fecha de la cosecha, pero en la práctica lo primero es difícil de determinar.

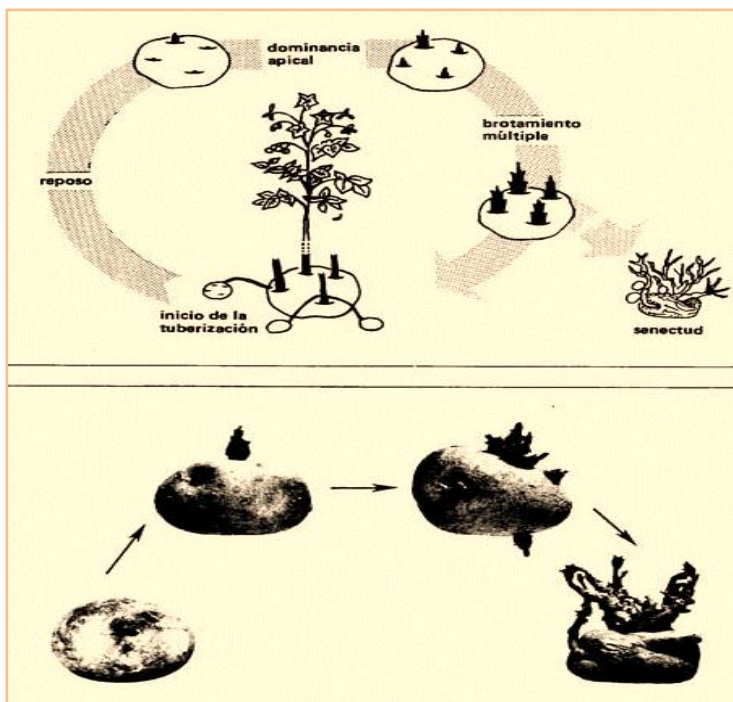
Medir la edad por la fecha de cosecha es más fácil y más común. Sin embargo, la fecha de cosecha no representa un punto fijo en el desarrollo del tubérculo: tubérculos de diferentes cultivos cosechados en la misma fecha pueden diferir en edad fisiológica. Algunos cultivos tendrán tubérculos que se encuentran ya en el estado de brotamiento, mientras

² Científico Centro Internacional de la Papa

que otros tendrán tubérculos que permanecen en reposo por cierto tiempo.

La **edad fisiológica**, de otro lado, se refiere principalmente al proceso de desarrollo de los brotes. Depende tanto de la edad cronológica de los tubérculos como de las condiciones ambientales. Los tubérculos pueden tener la misma edad cronológica, pero sus edades fisiológicas pueden ser diferentes. Similarmente, tubérculos con la misma edad fisiológica pueden diferir en su edad cronológica.

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



Durante su desarrollo fisiológico, el tubérculo de papa pasa a través de los estados de reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud

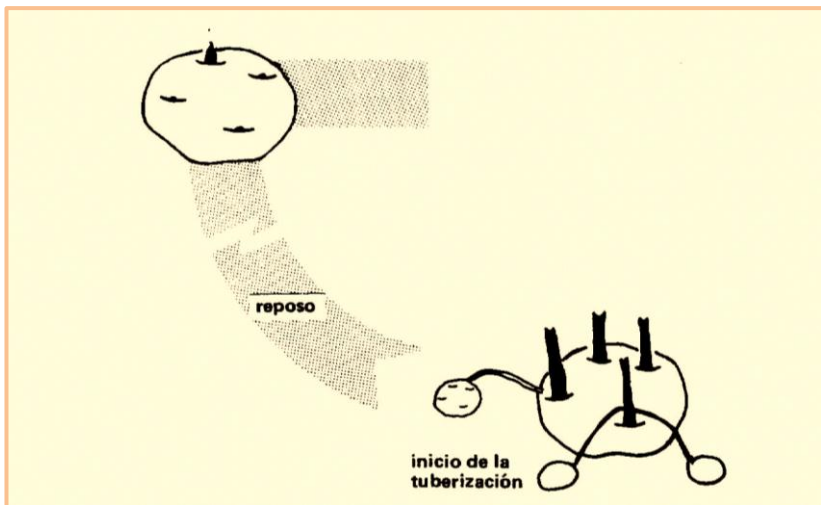
3. REPOSO

Durante su desarrollo fisiológico, un tubérculo de papa puede permanecer en reposo por varios meses. En este estado, no ocurre ningún crecimiento observable de los brotes, ni siquiera cuando los tubérculos sean puestos bajo condiciones ideales para el crecimiento de los brotes (oscuridad, 15 a 20 °C y cerca de 90 % de humedad relativa). El período de reposo termina cuando los brotes comienzan a crecer. En una variedad, el fin de reposo es definido cuando 80 % de los tubérculos (de una muestra de por lo menos 20 tubérculos de tamaño uniforme) tienen brotes no menores de 3 mm de longitud.

Existen dos definiciones comunes de período de reposo:

- reposo total: el período comprendido desde el inicio de la tuberización hasta el término del reposo;
- reposo de poscosecha: el período desde la cosecha hasta el final del reposo.

Científicamente, el concepto de reposo total es más exacto aunque más difícil de determinar. Así, el reposo de poscosecha es comúnmente utilizado para fines prácticos.



Reposo. Durante su desarrollo fisiológico, el tubérculo de papa puede permanecer en reposo por varios meses

La duración del período de reposo determinará la fecha de siembra. Es arriesgado sembrar tubérculos en reposo, debido a que las plantas de papa podrían emerger con un solo tallo o los tubérculos podrían desintegrarse en el suelo antes de emerger, lo cual conduce al fracaso en el cultivo.

Varios factores afectan la duración del período de reposo.

- Variedad de papa,
- Condiciones previas de crecimiento,
- Temperatura de almacenamiento
- Daños en el tubérculo,
- Grado de madurez del tubérculo al ser cosechado

Variedad de papa. El reposo del tubérculo puede durar desde menos de un mes hasta varios meses, dependiendo de la variedad. La duración del período de reposo no está relacionada con la duración del período vegetativo de una variedad. Por ejemplo, una variedad precoz no necesariamente tiene un período de reposo corto.

Condiciones de crecimiento. Las condiciones bajo las cuales son producidos los tubérculos-semillas afectan la longitud del período de reposo. Por ejemplo, altas temperaturas, baja humedad y baja fertilidad del suelo durante el crecimiento de tubérculo aceleran el desarrollo fisiológico y reducen el período de reposo.

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

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

Madurez del tubérculo. Los tubérculos inmaduros tienen usualmente un reposo más largo de poscosecha que los tubérculos cosechados ya maduros. Sin embargo, debido a que los tubérculos inmaduros son cosechados más temprano, ellos pueden brotar más tempranamente que los tubérculos cosechados ya maduros.

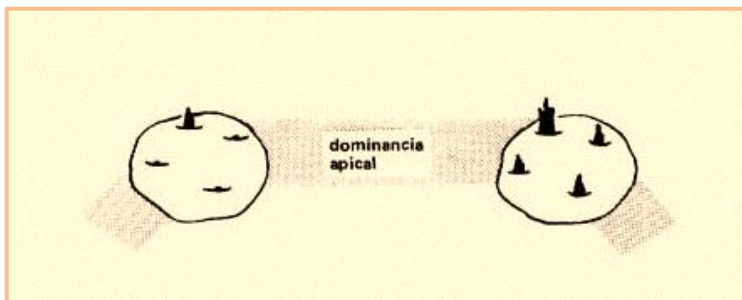
4. DOMINANCIA APICAL

Al final del período de reposo, las yemas en los ojos del tubérculo empiezan a crecer y a formar brotes. Frecuentemente, la yema apical empieza a brotar primero, marcando el comienzo del estado de dominancia apical. El sembrar tubérculos-semillas con dominancia apical a menudo da lugar a plantas con un solo tallo. Esto puede resultar en rendimientos reducidos. La duración de la dominancia apical difiere considerablemente entre variedades. La dominancia apical es afectada por el **manejo del almacenamiento** y por el **desbrotamiento**.

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

Para **limitar** el número de brotes, manténgase las temperaturas de almacenamiento altas (15 a 20 °C) para favorecer la dominancia apical.

Desbrotamiento. La remoción del brote apical del tubérculo puede inducir la formación de brotes múltiples, contribuyendo así a un brotamiento uniforme del tubérculo lo cual da lugar a varios tallos por planta. Los brotes deber ser removidos cuando ellos están aún jóvenes. Cuando los brotes están viejos, el desbrotamiento puede causar daños al tubérculo, deshidratación y un rebrotamiento escaso.



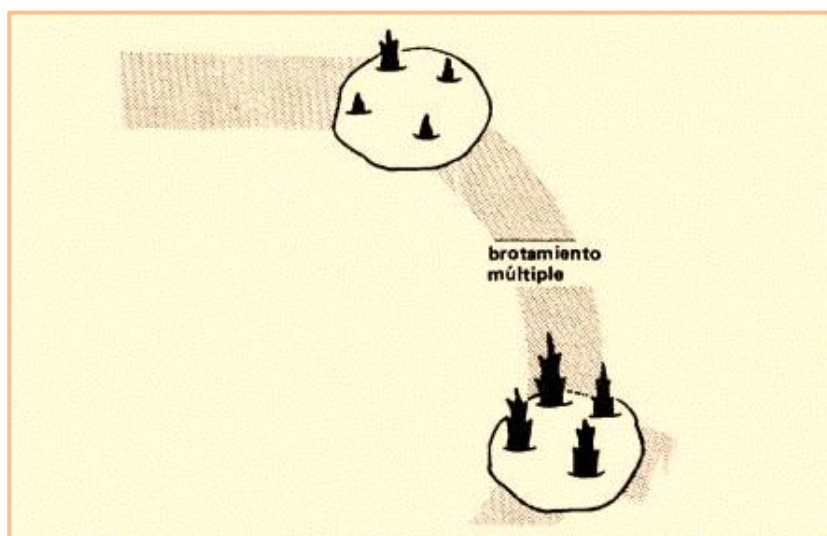
Dominancia apical. Frecuentemente la yema apical empieza a brotar primero

5. BROTAMIENTO MÚLTIPLE

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

El estado de brotamiento múltiple puede durar varios meses, según la variedad, especialmente cuando se almacena los tubérculos en temperaturas bajas. La luz difusa ayuda a prolongar el estado de brotamiento múltiple y a mantener los brotes cortos y fuertes.

Al comienzo del estado de brotamiento múltiple, el tubérculo-semilla es fisiológicamente "joven"; al final, es "viejo". Los tubérculos-semillas viejos no deben ser desbrotado aunque los brotes se alarguen, pues pueden haber perdido su capacidad de rebrotamiento o pueden formar solamente brotes delgados.



Brotamiento múltiple. Se desarrollan brotes adicionales. Generalmente este es el estado óptimo para sembrar los tubérculos-semillas

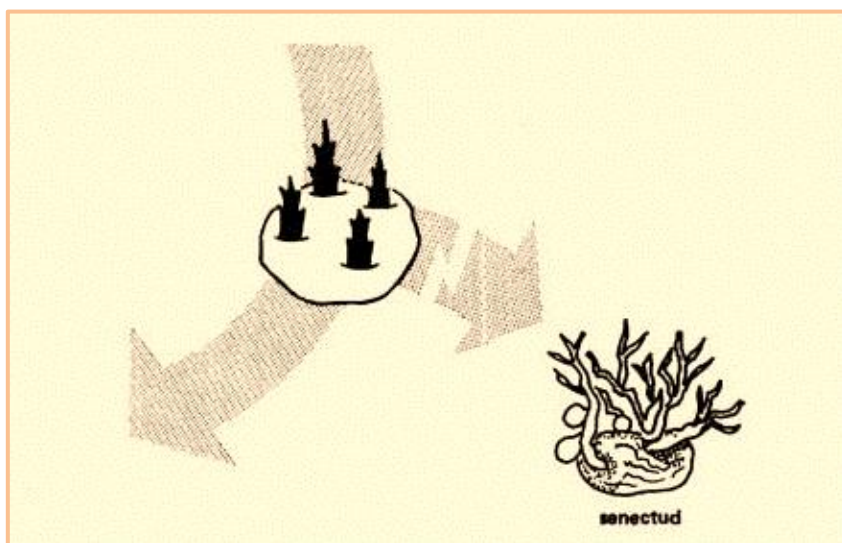
6. SENECTUD

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

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

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

La senectud puede ser retardada produciendo y almacenando tubérculos-semillas a temperaturas bajas. Tubérculos-semillas producidos durante una temporada cálida de cultivo alcanzan el estado de senectud más pronto que los producidos durante una temporada fría.

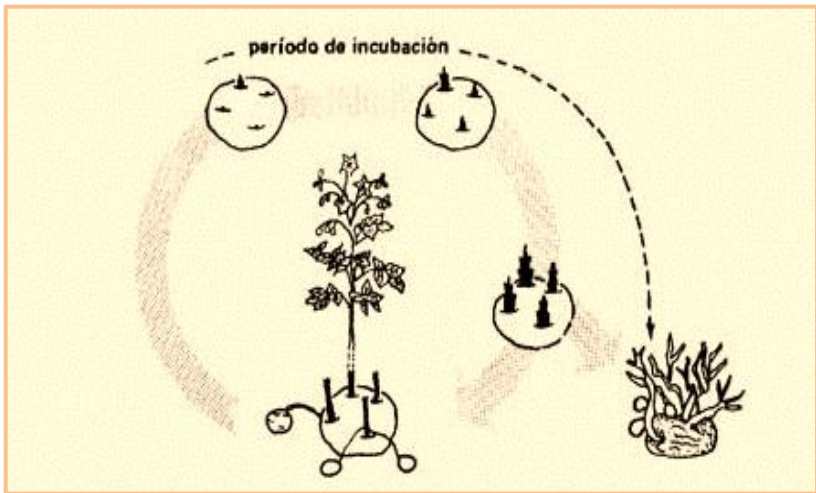


Senectud. Los tubérculos-semillas ya no dan origen a plantas productivas

7. PERIODO DE INCUBACION

El período comprendido desde el comienzo del brotamiento hasta el estado en que 90 % de los tubérculos-semillas (de una muestra de por lo menos 20 tubérculos de tamaño uniforme) han producido papas diminutas, es el período de incubación. Se le determina normalmente bajo condiciones ideales para el brotamiento (obscuridad, 15 a 20 °C, humedad relativa de alrededor de 90 %). El período de incubación se expresa en días, semanas o meses.

La duración del período de incubación depende de la variedad, pero al igual que el reposo no está relacionada con la duración del período vegetativo de la variedad. En variedades con un corto período de incubación, el envejecimiento fisiológico ocurre rápidamente. Los tubérculos-semillas de estas variedades permanecen en condiciones óptimas de siembra sólo por corto tiempo y luego envejecen rápidamente. En variedades con un período de incubación más largo, los tubérculos-semillas mantienen una edad fisiológica adecuada para la siembra durante más tiempo.



ncubación es el período comprendido desde el comienzo del brotamiento hasta el estado en el cual son producidas las papas diminutas

El período de incubación de una variedad es un buen índice de la sensibilidad de la misma a las condiciones de almacenamiento. Variedades con un período de incubación corto envejecen rápidamente y requieren condiciones óptimas de almacenamiento. Variedades con un período de incubación más largo, están menos sensitivos a las condiciones de almacenamiento y están mejor adaptadas para ser almacenadas a temperatura ambiental en zonas calientes de cultivo.

8. MANEJO DE LA EDAD FISIOLÓGICA

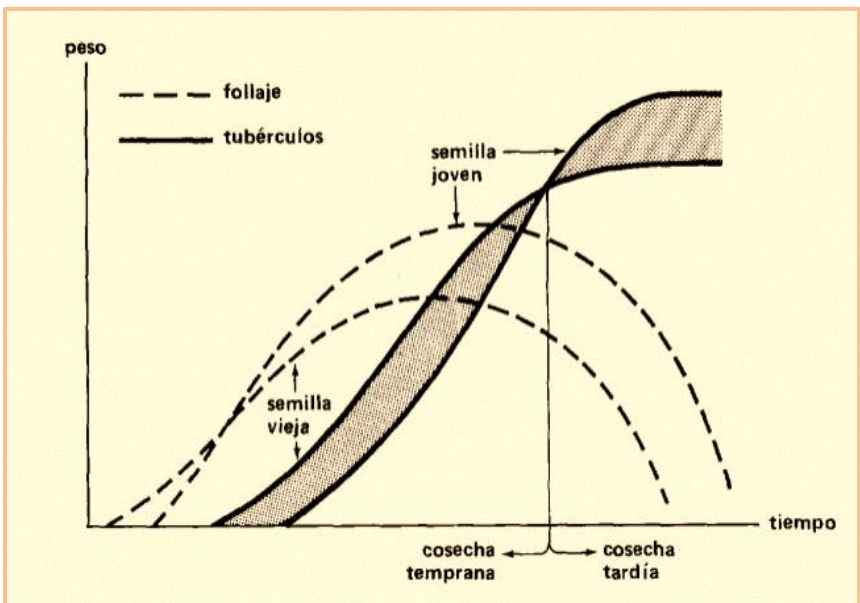
La edad fisiológica de los tubérculos-semillas influye en el brotamiento y en el desarrollo subsecuente del cultivo.

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

La semilla vieja da lugar a:		La semilla joven da lugar a:	
Emergencia	temprana	Emergencia	tardía
Tuberización	temprana	Tuberización	tardía
Follaje	escaso	Follaje	abundante
No. de tubérculos	reducido	No. de tubérculos	elevado
Maduración	temprana	Maduración	tardía
Rendimiento	bajo	Rendimiento	alto

En resumen, las plantas desarrolladas de tubérculos-semillas fisiológicamente jóvenes desarrollan lentamente su rendimiento potencial. Sin embargo, el cultivo de papa crece durante un período más largo y el rendimiento total es mayor. Las plantas provenientes de tubérculos-semillas fisiológicamente viejos desarrollan rápidamente su rendimiento potencial. Sin embargo, el cultivo madura tempranamente y el rendimiento total es reducido.

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



Crecimiento del follaje y de los tubérculos provenientes de tubérculos-semillas viejos y jóvenes. Los tubérculos-semillas viejos tienen rendimientos más bajos con una cosecha temprana. Los tubérculos-semillas jóvenes tienen rendimientos más altos con una cosecha tardía

Para una variedad determinada, la edad fisiológica de los tubérculos-semillas producidos puede ser manejada por las **condiciones de crecimiento y almacenamiento**.

Condiciones de crecimiento. La edad fisiológica de los tubérculos-semillas al momento de la cosecha está afectada por el clima y el suelo.

La edad del tubérculo es adelanta por:	La edad del tubérculo es retardada por:
Clima caliente	Clima frío
Estructura del suelo liviana	Estructura del suelo pesada
Humedad del suelo baja	Humedad del suelo alta
Fertilidad del suelo (N) baja	Fertilidad del suelo (N) alta

Condiciones de almacenamiento. Para una variedad determinada, la edad fisiológica durante el almacenamiento depende principalmente de la longitud del período de almacenamiento (días) y de la temperatura de almacenamiento (grados Celsius). Ambos factores pueden ser combinados en un producto matemático de "grados-día". Cuanto más alto sea el número acumulado de grados-día, más avanzado fisiológicamente es el tubérculo.

Los tubérculos almacenados a temperatura ambiental, en luz natural difusa, permanecen en buenas condiciones fisiológicas aún si han acumulado un número relativamente alto de grados-día.

Ningún sistema de almacenamiento es apropiado para todas las variedades y todos los ambientes. Para determinar el período y la temperatura óptima de almacenamiento, exponga sus tubérculos-semillas a varios períodos y temperaturas de almacenamiento y compare el comportamiento subsecuente del cultivo.

9. LECTURAS ADICIONALES

1. BEUKEMA, H.P.; VANDER ZAAG, D.E. 1979 Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre, Wageningen, The Netherlands. pp. 26-36.
2. BURTON, W.G. 1966. The potato. Veenman & Zonen, Wageningen, The Netherlands. pp. 231-246.
3. IRITANI, 2W.M.; WELLER, L.D.; KNOWLES, N.R. 1983. Relationships between stem number, tuber set and yield of Russet Burbank potatoes. *American Potato Journal* 60: 423-431.
4. O'BRIEN, P.J.; ALLEN, E.J.; BEAN, J.N.; GRIFFITH, R.L.; JONES, S.A., JONES, J.L. 1983. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. *J. Agric. Sci., Camb.* 101: 613-631.
5. RASTOVSKI, A.; Es, A. Van, et al. 1981. Storage of potatoes. Postharvest behaviour, store design, storage practice, handling. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. pp.99-119.
6. WIERSEMA, S.G.; BOOTH, R.H. 1985. Influence of growing and storage conditions on the subsequent performance of seed tubers under short day conditions. *Potato Research*, 28:15-25.
7. WURR, D.C.E. 1978. Seed tuber production and management. In: Harris, P.M. (ed). *The potato crop - the scientific basis for improvement*. Chapman and Hall Ltd., London. pp. 333-352.

SIEMBRA DE PAPA

Roger Cortbaoui ³

1. INTRODUCCION

La siembra correcta asegura la emergencia rápida y la uniformidad del cultivo. Estos dos factores son afectados por las condiciones del tubérculo-semilla y del suelo. Las condiciones del tubérculo-semilla están determinadas por el estado fisiológico de los tubérculos, su tamaño y sus condiciones físicas. Las condiciones del suelo están determinadas por su estructura, humedad y temperatura. Por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones existentes de humedad y temperatura. La distancia y el procedimiento de siembra dependen de factores agronómicos y de la experiencia local.

2. IMPORTANCIA DE LA SIEMBRA CORRECTA

La siembra correcta asegura:

- Emergencia rápida,
- Uniformidad del cultivo.

Emergencia rápida. Los brotes de papa, antes de emerger del suelo, están expuestos a numerosas enfermedades y plagas. Las condiciones favorables de crecimiento aceleran la emergencia y reducen el tiempo que los brotes están expuestos al peligro. El deterioro del tubérculo-semilla y las pérdidas del cultivo son reducidos.

Uniformidad del cultivo. La uniformidad de un cultivo es determinada por la uniformidad de la emergencia y el desarrollo de la planta. Un cultivo uniforme hace más fácil las labores culturales (aporque, riego, aplicación de agroquímicos y cosecha). La uniformidad del desarrollo de la planta es especialmente importante en la producción de tubérculos-semillas. La identificación visual de las plantas enfermas es difícil cuando las plantas están en diferentes etapas de desarrollo o distribuidas en forma irregular.

³ Científico Centro Internacional de la Papa



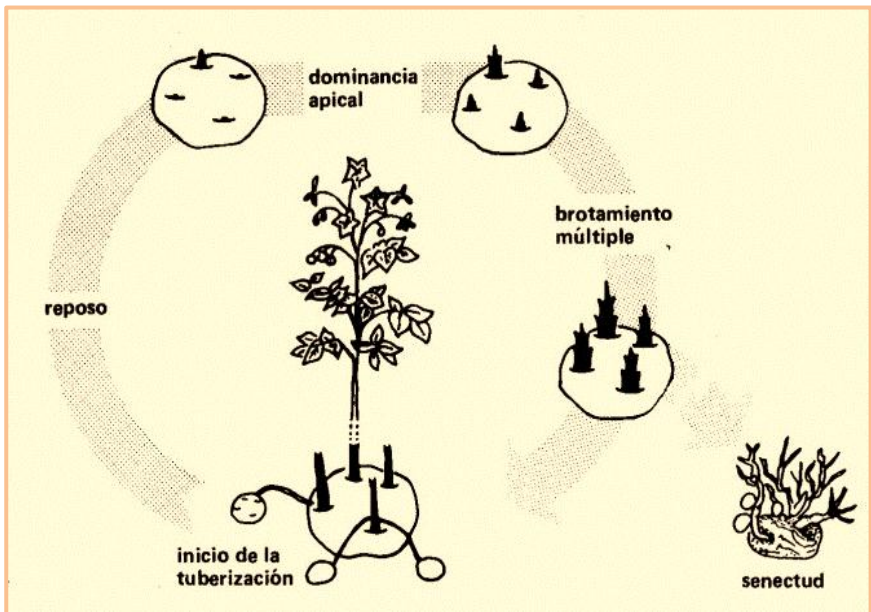
La siembra correcta asegura la emergencia rápida y la uniformidad del cultivo

3. EMERGENCIA DE LA PAPA

Desde el inicio de la tuberización, el tubérculo de papa pasa por varios estados de desarrollo fisiológico: reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud. Así, en el momento de la siembra un tubérculo puede estar:

- En reposo: no se han formado brotes, la emergencia es retardada y no uniforme.
- En dominancia apical: sólo se desarrolla el brote apical; el resultado es un cultivo no uniforme de plantas que tienen un solo tallo.
- En estado de brotamiento múltiple: se desarrollan varios brotes, que llevan a una buena emergencia y a un cultivo uniforme.
- En senectud: los brotes son débiles y la emergencia es deficiente.

Los tubérculos sembrados en estado fisiológico y condiciones de crecimiento óptimos, desarrollan sus brotes rápidamente. Hasta la formación de suficiente follaje para la fotosíntesis, la planta vive de los nutrimentos suministrados por el tubérculo-semilla. Después, las raíces suministran agua y nutrimentos del suelo.



Desde el inicio de la tuberización, el tubérculo de papa pasa por varios estados de desarrollo fisiológico: reposo, dominancia apical, brotaamiento múltiple y senectud

4. CONDICIONES PARA LA EMERGENCIA

En la emergencia influyen las condiciones

- Del tubérculo-semilla,
- Del suelo.

Condiciones del tubérculo-semilla. Las condiciones del tubérculo-semilla están determinadas por el estado fisiológico de los tubérculos, su tamaño y sus condiciones físicas.

Estado fisiológico. El estado de brotamiento múltiple es el mejor estado para la siembra, pues genera la emergencia de varios tallos fuertes. La edad fisiológica es afectada por las condiciones de almacenamiento. El almacenamiento bajo luz difusa es una buena manera de obtener tubérculos-semillas con numerosos brotes, verdes y vigorosos, que emerjan rápida y uniformemente.

Si sólo están disponibles tubérculos con brotes apicales, la remoción de los brotes apicales induce la formación de brotes múltiples y conduce a un cultivo uniforme con varios tallos por planta.

Tamaño del tubérculo. La planta que emerge vive de los nutrimentos suministrados por el tubérculo-semilla, que debe ser suficientemente grande para atender esta demanda inicial. Esto es aún más importante cuando faltan los otros factores para una buena emergencia. Los tubérculos grandes compensan mejor las condiciones pobres de crecimiento o el daño por las heladas. Como los tubérculos-semillas se venden al peso, la siembra de tubérculos grandes es más costosa. En la mayoría de los casos un tubérculo-semilla de tamaño mediano es suficiente (alrededor de 50 g).

Bajo condiciones favorables de crecimiento, los tubérculos grandes pueden ser fraccionados en pedazos que contengan por lo menos un ojo cada uno. No es recomendable fraccionar los tubérculos cuando se trata de producir tubérculos-semillas, debido al peligro de transmitir virus y bacterias. Al sembrar tubérculos-semillas cortados se debe tomar especial cuidado para evitar que se deteriore y asegurar su emergencia rápida.

Condiciones físicas de los tubérculos. Los tubérculos de papa y los brotes son sensibles a daños mecánicos. Durante el manejo, transporte y siembra, los brotes pueden romperse, originando una emergencia desuniforme. El daño mecánico puede iniciar el deterioro de los tubérculos-semillas.

Condiciones del suelo. Las condiciones del suelo están determinadas por su estructura, humedad y temperatura.

Estructura del suelo. El suelo debe ser fino, suelto y sin niveles compactados que impidan la penetración de las raíces. Los niveles compactados también restringen el drenaje del agua. Los terrones y las piedras reducen el contacto de las raíces con el suelo, causan la deformación de los tubérculos en crecimiento, y dañan los tubérculos durante la siembra, el cuidado del cultivo y la cosecha.

Humedad del suelo. La planta de papa necesita una humedad adecuada del suelo para su emergencia y crecimiento. El tubérculo-semilla debe tener buen contacto con suelo húmedo. La humedad excesiva, sin embargo, reduce la aireación y en consecuencia afecta al crecimiento de las raíces, los estolones y los tubérculos. Por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones existentes de humedad (Sección 5).

Temperatura del suelo. La temperatura del suelo influye en la velocidad del crecimiento de los brotes y de la emergencia; los suelos fríos (debajo de 15 °C) retardan la emergencia y los suelos calientes la estimulan. La temperatura demasiado alta del suelo (temperatura nocturna sobre los 20 °C) puede impedir la formación de los tubérculos. Como en el caso de la humedad del suelo, por medio del ajuste de la profundidad de siembra, el cultivo de papa puede ser adaptado a las condiciones existentes de temperatura.

5. PREPARACION DEL SUELO

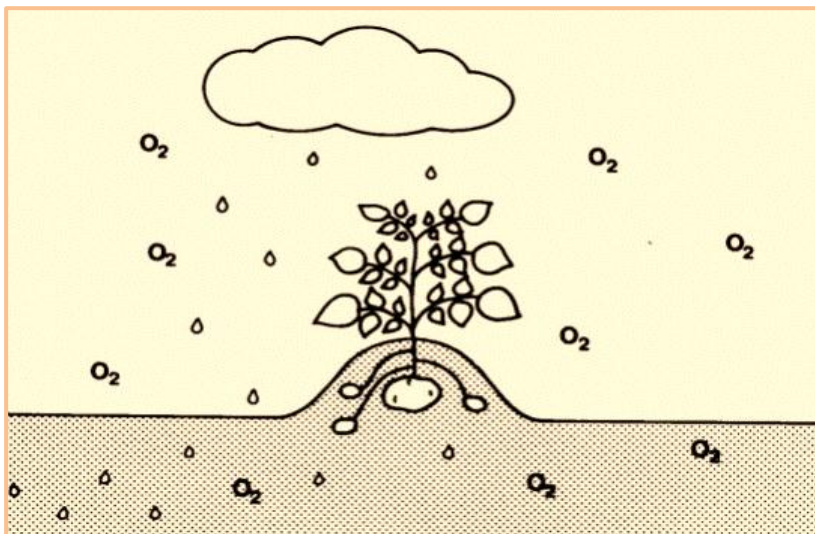
La papa exige un suelo que esté bien estructurado, suelto y no tenga niveles compactados. Esto asegura suficiente:

- Oxígeno para las partes subterráneas de la planta,
- Retención de humedad, y,
- Drenaje del exceso de agua.

Lo cual favorece:

- Un buen crecimiento de raíces, estolones y tubérculos,
- Una producción de tubérculos bien conformados.

Además, la estructura del suelo influye en el manejo del cultivo, especialmente en la siembra y la cosecha.



Un suelo bien estructurado asegura suficiente oxígeno para las partes subterráneas de la planta, retención de humedad, y drenaje del exceso de agua

La preparación del suelo empieza por la selección de un terreno apropiado, que no sea pedregoso, mal drenado, ni pesado y arcilloso, pues estos suelos forman terrones. Para evitar la compactación y la formación de terrones no ingrese al campo cuando el suelo esté húmedo. Las máquinas e implementos pesados compactan el suelo a niveles impermeables.

El suelo pierde humedad cada vez que es removido. Reduzca el número de operaciones del suelo, especialmente bajo condiciones de sequía.

En suelos finos, el número excesivo de operaciones puede conducir al sellado de la superficie, a la erosión y al secado rápido.

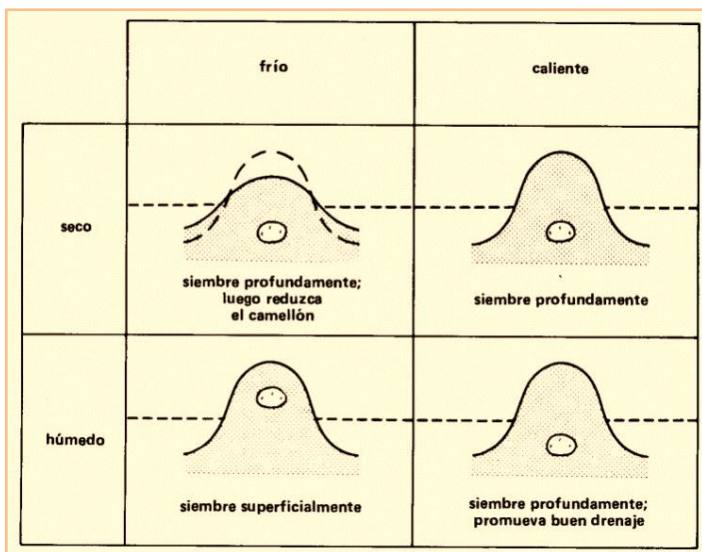
6. PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

Ajuste la profundidad de la siembra al factor más importante, entre la humedad y la temperatura del suelo.

Ajuste a la humedad del suelo. El suelo se seca más rápidamente en la superficie. Si el suelo está seco, siembre profundamente. Si el suelo está húmedo, siembre superficialmente.

Ajuste a la temperatura del suelo. Durante el día, el suelo es más caliente en la superficie. Si el suelo está caliente, siembre profundamente. Si el suelo está frío, siembre superficialmente.

Si el suelo está frío y seco, siembre profundamente y luego reduzca la altura del camellón. Si el suelo está caliente y húmedo, siembre profundamente y promueva buen drenaje.



Ajuste la profundidad de la siembra al factor más importante, entre la humedad y la temperatura del suelo

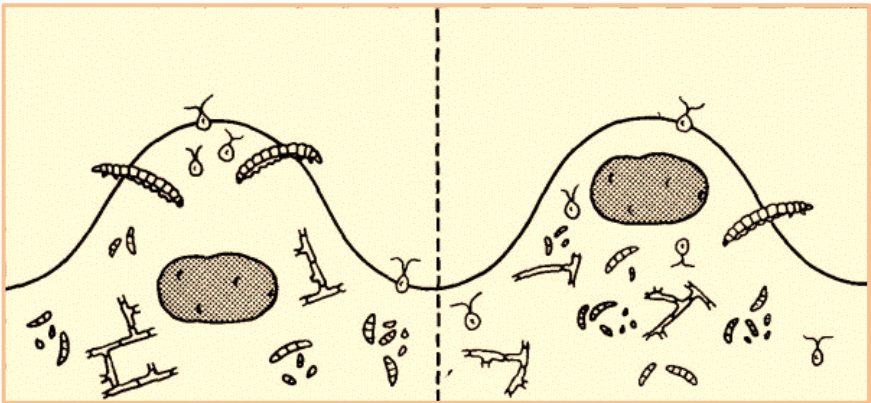
Otros factores. La siembra profunda protege al tubérculo de la infestación por enfermedades y plagas como el tizón tardío y la polilla de la papa. La siembra profunda también previene el verdeado de los tubérculos.

La siembra superficial ayuda a disminuir las infecciones originadas por las enfermedades que sobreviven en el suelo. La siembra superficial también facilita la cosecha.

Los tubérculos grandes se adaptan mejor a la siembra profunda que los pequeños. En ciertas situaciones la siembra superficial seguida por un aporque alto puede ser una buena manera de regular la profundidad de siembra.

La uniformidad de la profundidad de siembra influye en la uniformidad de la emergencia.

Si no se dispone de experiencia, siembre al nivel que tenga el suelo no trabajado; es decir, a nivel del suelo antes de preparar los surcos. En las siguientes campañas siembre según le indique su experiencia.



La siembra profunda protege al tubérculo de la infestación por enfermedades y plagas como el tizón tardío y la polilla de la papa (izquierda). La siembra superficial ayuda a disminuir las infecciones originadas por las enfermedades que sobreviven en el suelo (derecha)

7. DISTANCIA DE SIEMBRA

La distancia de siembra depende de la variedad de papa, las condiciones de crecimiento y el tamaño deseado del tubérculo. Si la fertilidad y humedad del suelo son bajas, el suelo puede mantener menos plantas. A mayor densidad del cultivo, menor será el tamaño de los tubérculos cosechados. Generalmente, para la producción de tubérculos-semillas se recomienda una mayor densidad de tallos que para la producción de papa de consumo.

Cuando siembre en surcos, las dos dimensiones de la distancia de siembra.

- Entre los surcos, y,
- Dentro de los surcos.

Están determinadas por las siguientes consideraciones.

Cuando siembre en surcos, las dos dimensiones de la distancia de siembra son: entre los



Cuando siembre en surcos , las dos dimensiones de la distancia de siembra son : entre los surcos y dentro de los surcos

Distancia entre los surcos. La distancia entre los surcos depende de la costumbre local, de los implementos disponibles y del hábito de crecimiento de la variedad.

La distancia amplia entre los surcos:

- Provee más tierra para el aporque,
- Previene el daño a las plantas, raíces y tubérculos durante el cultivo,
- Facilita el descarte.

La distancia angosta entre los surcos:

- Asegura que el agua de riego alcance a todas las raíces,
- Aumenta la eficiencia del empleo del terreno, luz, agua y nutrimentos.

Distancia dentro de los surcos. Debido a que la distancia **entre** los surcos está determinada por los factores de manejo del cultivo, la densidad deseada del cultivo puede ser regulada mediante los espacios de las plantas **dentro** de los surcos. Para una densidad de cultivo dada, la distancia amplia entre los surcos puede ser compensada con una distancia corta de plantas dentro de los surcos.

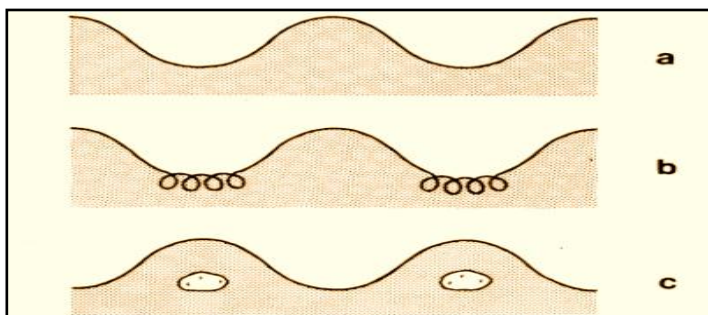
8. PROCEDIMIENTOS DE SIEMBRA

La experiencia local determina los procedimientos de siembra, incluyendo las aplicaciones de fertilizantes y pesticidas.

Siembra a mano. Usted puede sembrar los tubérculos-semillas en

- Surcos,
- Camellones.

Siembra en los surcos. Use palas, azadones, arados o acanaladores para formar los surcos. Mezcle el fertilizante en el fondo del surco con tierra para evitar que se quemen los brotes y las raíces. Siembre los tubérculos-semillas en el fondo de los surcos y cúbralos con tierra.



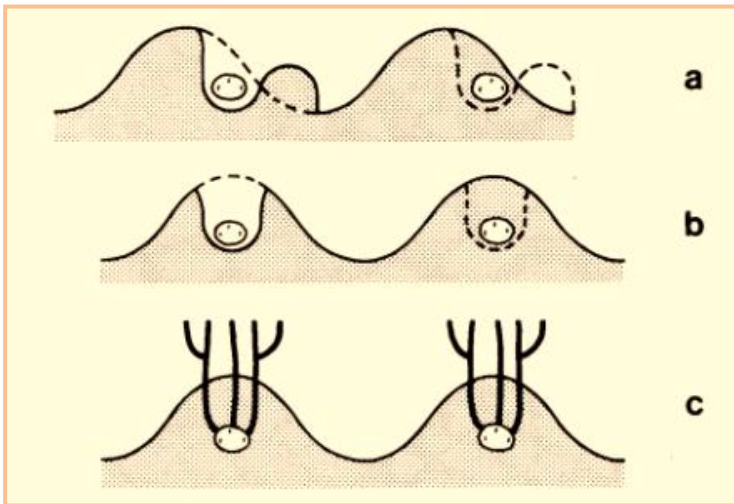
Siembra en los surcos: forme los surcos (a), mezcle el fertilizante con tierra (b), siembre los tubérculos-semillas y cúbralos (c)

Siembra en los camellones. Siembre los tubérculos-semillas al lado o en el centro de los camellones, abriendo surcos auxiliares u hoyos individuales.

Siembra mecanizada. La siembra mecanizada, ya sea semiautomática o automática, al mismo tiempo prepara los surcos, coloca los tubérculos-semillas y algunas veces el fertilizante, y cubre los tubérculos. La eficiencia de la siembra mecanizada está determinada por:

- Tipo de maquinaria,
- Habilidad del operador,
- Tamaño del área de cultivo,
- Declive del terreno,
- Calidad de la preparación del suelo,
- Uniformidad del tamaño de los tubérculos-semillas.

Las sembradoras semiautomáticas son menos costosas y complicadas que las completamente automáticas y puede ser una alternativa para la siembra a mano donde se necesita algún grado de mecanización.



Siembra en los camellones: siembre los tubérculos-semillas al lado (a) o en el centro (b) de los camellones, abriendo surcos auxiliares u hoyos individuales. Camellones después del aporque (c)

9. LECTURAS ADICIONALES

1. BEUKEMA, H.P.; ZAAG, VAN DER, D.E. 1979. Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre, Wageningen, Netherlands. 224 pp.
2. CORTBAOUI, R. 1984. Descarte de plantas de papa. Boletín de Información Técnica 5. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 13 pp.
3. WIERSEMA, S. 1987. Efecto de la densidad de tallos en la producción de papa. Boletín de Información Técnica 1. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 16 pp.
4. ----- 1985. Desarrollo fisiológico de tubérculos-semillas de papa. Boletín de Información Técnica 20. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 16 pp.

DESCARTE DE PLANTAS DE PAPA

Roger Cortbaoui ⁴

1. INTRODUCCION

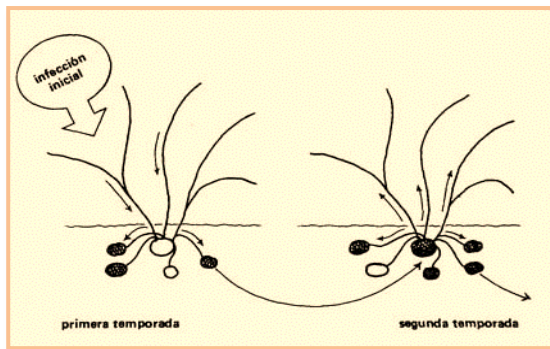
La sanidad de los tubérculos-semillas es un factor crítico en la producción de papa. Las infecciones sistémicas, especialmente las causadas por virus, pueden establecer un ciclo continuo de enfermedad con severas consecuencias, que puede llegar a la completa degeneración de la semilla inicialmente sana. El descarte proporciona medios efectivos para romper este ciclo.

2. ¿POR QUE SE HACE EL DESCARTE?

La sanidad de las plantas de papa, particularmente la sanidad de los tubérculos-semillas, constituye un factor muy importante en la producción de papa. Como los tubérculos son parte del sistema vegetativo de la planta, las infecciones sistémicas de la planta de papa, especialmente las infecciones causadas por virus, se extienden con facilidad a los tubérculos. Si los tubérculos infectados se emplean como semilla, la planta resultante también estará infectada, con lo cual se establece un pernicioso ciclo de enfermedad.

Una vez que los tubérculos infectados han sido introducidos a un campo, la enfermedad se propaga rápidamente a las plantas sanas, ya sea por medio de los insectos vectores o por contacto mecánico. Si la enfermedad no es controlada, un cultivo de papa inicialmente sano puede infectarse totalmente en pocos años por un proceso llamado "degeneración".

⁴ Científico Centro Internacional de la Papa



Las infecciones sistémicas de la planta de papa se extienden fácilmente a los tubérculos. Si los tubérculos infectados se usan como semilla, la planta resultante también estará infectada, con lo cual se establece un pernicioso ciclo de la enfermedad

Entre los medios para romper este ciclo continuo de enfermedad están:

- Reducir la transmisión de la enfermedad, tomando adecuadas precauciones en el campo (ver la sección 5), y,
- Retirar la fuente de la enfermedad mediante el **descarte**.

El descarte es una técnica de control mediante la cual las plantas infectadas son identificadas, arrancadas, retiradas del campo y destruidas. Mediante el descarte, los productores de semilla eliminan las plantas que producen tubérculos-semillas enfermos y también la fuente de contaminación dentro del cultivo.

El descarte, conocido también como "selección negativa", se refiere a la selección de plantas no deseables para eliminarlas de un campo. Estas plantas son señaladas con base en síntomas **visibles**, no siendo entonces efectivo el descarte contra las infecciones latentes, las cuales casi no muestran síntomas visibles.

El descarte no es práctico en campos donde la mayor parte de las plantas están infectadas. En estos casos, se puede efectuar la "selección positiva", que es el proceso de selección de las mejores plantas para su reproducción.

La minuciosidad del descarte en el campo depende del uso que se le vaya a dar a la semilla producida. Para la producción de semilla básica se requiere descarte más minucioso que para la producción de semilla comercial.

Por razones económicas, los agricultores con frecuencia rehusan eliminar las plantas, aun las que están gravemente enfermas. Pero se ha demostrado experimentalmente que las plantas sanas que permanecen en el campo aprovechan los espacios dejados por las plantas descartadas, compensando así las posibles bajas en los rendimientos. Esa compensación ocurre especialmente cuando el descarte se hace tan pronto como se noten las primeras plantas infectadas o indeseables.

3. IDENTIFICACION DE LAS PLANTAS QUE DEBEN SER DESCARTADAS

En el descarte se deben considerar dos aspectos principales: la sanidad de la planta y la pureza de la variedad. De modo característico, las plantas que han de ser descartadas se encuentran dentro de las siguientes categorías:

- Plantas enfermas,
- Plantas atípicas,
- Plantas espontáneas.

Plantas enfermas. Determinados síntomas de enfermedades sistémicas causadas por virus, bacterias y hongos deben alertar sobre la posibilidad de infecciones. Entre estos síntomas están las variaciones de color de las hojas - especialmente los síntomas de mosaico - las deformaciones de las hojas, el enanismo, las necrosis y la marchitez.

Plantas atípicas. Las plantas atípicas o plantas de otras variedades ("mezclas") afectan la pureza varietal. La identificación de la variedad es más fácil cuando las plantas están en estado de floración. En otras etapas de crecimiento se necesita mayor familiarización con las características varietales, tales como hábito de crecimiento, tipo y color de la hoja, y forma y color del tallo.



Las plantas espontáneas (flechas) crecen de los tubérculos que permanecen en el suelo, procedentes de campañas anteriores

Plantas espontáneas. Las plantas espontáneas crecen de los tubérculos que permanecen en el suelo, procedentes de campañas anteriores. Estas plantas afectan la pureza de la variedad, son fuente de infección y se convierten en hospederos para los primeros insectos que aparezcan en el campo. Las plantas espontáneas son fáciles de detectar porque, de ordinario, emergen antes de la variedad sembrada.

4. PROCEDIMIENTO DEL DESCARTE

Para que el descarte sea efectivo debe empezar inmediatamente después de que se hayan detectado las plantas infectadas o indeseables, esto es, generalmente pocos días después de que las plantas emergen. Cuanto más pronto se haga la eliminación de las plantas infectadas, menor será la posibilidad de propagación de la enfermedad a las plantas sanas. El descarte debe efectuarse continuamente de acuerdo con la incidencia de virus y vectores, y mientras el operario pueda caminar entre los surcos sin tocar el follaje.

El descarte consiste en cuatro pasos básicos:

1. Identificar las plantas que deben ser descartadas.
2. Arrancar las plantas completas, incluyendo los tubérculos y estolones.
3. Remover las plantas del campo.
4. Destruir las plantas.

Identificación de las plantas. Para identificar las plantas que deben ser descartadas, primero se observa el aspecto global de la variedad en las condiciones particulares del campo para familiarizarse con las características varietales. La persona debe observar las plantas desde el surco cercano -no desde el mismo surco- para poder comparar las diferencias de grupos de tres a cinco plantas. Una vez detectadas, las diferencias debe acercarse más para verificar los síntomas específicos.

Evítese cambiar a las personas que efectúan el descarte. La responsabilidad debe recaer siempre en el mismo personal experimentado. Las personas que habitualmente revisan los cultivos advertirán con mayor facilidad los sutiles cambios en la planta. La eficiencia en el descarte sólo se puede alcanzar mediante la experiencia adquirida a través de la práctica constante.

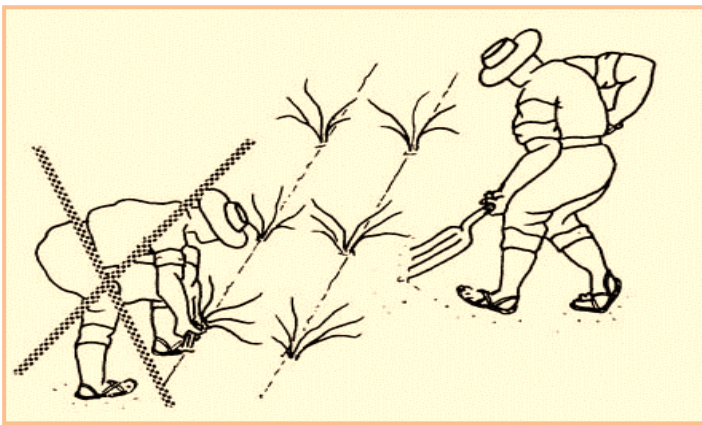
Arrancado de las plantas. Una vez que la planta está infectada, la enfermedad se propaga a todas sus partes vegetativas. Por ello, deben

ser extraídas todas las partes de la planta, incluyendo los tubérculos y estolones más pequeños, así como el tubérculo madre. De lo contrario, cualquier rebrote de esas partes puede convertirse en nueva fuente de infección. Para extraer la planta de suelo se emplea un trinche, no se jalará simplemente con la mano, ya que sus partes pueden romperse y quedarse en el suelo.

Algunas veces es suficiente descartar sólo la planta infectada. Otras veces se necesitará eliminar también las plantas vecinas. Esto depende de varios factores, como la severidad de los síntomas, la causa probable de la infección, la etapa de crecimiento de la planta, la categoría de semilla y la legislación o reglamentación vigente.

Remoción de las plantas del campo. A fin de no diseminar áfidos infectivos (virulíferos), es indispensable colocar cuidadosamente las plantas descartadas en bolsas a prueba de áfidos y retirarlas lejos del campo. Esto impide que los insectos vectores vuelvan a infectar el cultivo.

Destrucción de las plantas. Las plantas infectadas deber ser quemadas o enterradas de inmediato.



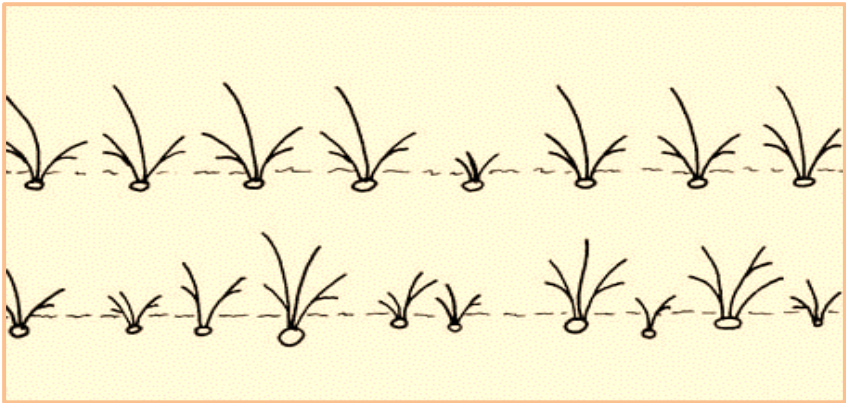
No se jalará simplemente con la mano (izquierda), ya que sus partes pueden romperse y quedarse en el suelo; para extraer la planta del suelo se emplea un trinche (derecha)

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESCARTE

Determinados factores, como los siguientes, influyen en la identificación de las plantas que deben ser descartadas.

Uniformidad del cultivo. Las plantas no deseables son relativamente fáciles de reconocer en un cultivo uniforme. En cambio, el descarte es difícil en un cultivo irregular. Para conseguir un cultivo uniforme cuando se dispone sólo de tubérculos de diferentes tamaños, se agrupan los tubérculos según su tamaño y se siembran los grupos por separado.

Humedad del suelo. Es difícil detectar los síntomas de enfermedades en las plantas marchitas. En los cultivos que crecen con agua de riego, es conveniente irrigar uno o dos días antes del descarte. Esto permitirá también que la superficie del suelo esté razonablemente seca para que el operario pueda caminar sin dificultad entre los surcos.



Las plantas no deseables son fáciles de reconocer en un cultivo uniforme (arriba) pero en un cultivo irregular es difícil efectuar el descarte (abajo)

Luminosidad. Los cambios de color en las hojas, especialmente los síntomas de mosaico, se detectan mejor bajo condiciones de luz uniforme. Por ello, es mejor efectuar el descarte cuando el cielo esté uniformemente cubierto de nubes. Las sombras ocasionadas por la luz solar directa aumentan la dificultad para distinguir los cambios de color de las hojas. Si no es posible evitar hacer el descarte en días soleados, el operario descartará con el sol a su espalda y procurará que su propia sombra cubra la planta.

Viento. No se debe descartar cuando hay mucho viento, porque éste al agitar las hojas hace más difícil observar los síntomas en el momento del descarte.

Residuos sobre las hojas. El follaje debe estar libre de residuos de fumigación o de polvo, pues éstos dificultan la identificación de las plantas enfermas.

Daños foliares. Los síntomas de enfermedad son difíciles de detectar en un follaje dañado por el aporque o por insectos. Asimismo, las manchas en las hojas, o la marchitez causadas por patógenos, obstaculizan el descarte correcto.

Maleza. Las malezas obstaculizan la comparación de las plantas. Si se hace necesario el uso de herbicidas, deben ser empleados cuidadosamente para evitar los efectos fitotóxicos que se puedan confundir con los síntomas de la enfermedad.

6. MEDIDAS DE PRECAUCION

El descarte reduce las posibilidades de diseminación de la enfermedad a las plantas sanas. Además, deben tomarse medidas de precaución para reducir la transmisión de virus por vectores o por contacto.

La transmisión por vectores. Es causada principalmente por insectos. El descarte deja de ser efectivo cuando los insectos, especialmente los áfidos, están diseminados por todo el campo. Los insectos vectores al ser perturbados por el descarte se trasladan a otras plantas y, en

consecuencia, difunden la infección. Para controlar este problema, se combinará el descarte con el uso de un insecticida efectivo. Es conveniente emplear formulaciones que no dejen residuos visibles en el follaje, y aplicarlos dos o tres días antes del descarte.

La transmisión por contacto. Se produce por el contacto directo con plantas enfermas. Como al efectuar el descarte se contaminan las manos, **sólo** se deben tocar las plantas que se van a descartar. De lo contrario, la infección puede transmitirse a las plantas sanas. Los operarios irresponsables a menudo se convierten en los mejores transmisores de virus. Para reducir la transmisión de virus por contacto al caminar a través del campo, se tratará de hacer el descarte antes de que los espacios entre los surcos estén cubiertos por el follaje.

7. LECTURAS ADICIONALES

1. BOKX, J.A. de (ed). 1980. Virosis de la papa y de la semilla de papa. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 303 pp.
2. BRYAN, J.E. 1981. Selección clonal en la producción de semilla de papa. Boletín de Información Técnica 12. Centro Internacional de la Papa, Lima Perú. 15 pp.
3. -----, 1983. Parcela de semilla de papa: técnica al alcance del agricultor. Boletín de Información Técnica 7. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 33 pp.
4. RAMAN, K.V.1980. Transmisión de virus de papa por insectos vectores. Boletín de Información técnica 2. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 16 pp.

EL TIZON TARDIO DE LA PAPA

Phytophthora infestans

Jan W. Henfling ⁵

1. INTRODUCCION

El tizón tardío es la más seria de las enfermedades fungosas de la papa. Afecta las hojas, los tallos y los tubérculos y puede devastar un campo de papa en pocos días. La enfermedad es causada por el hongo *Phytophthora infestans* y se desarrolla más velozmente en temperaturas bajas y alto grado de humedad. En las regiones agrícolas desarrolladas, la enfermedad puede ser controlada de manera relativamente fácil con fungicidas, pero este es difícil de practicar por el pequeño agricultor en las áreas en desarrollo. Existen otras posibilidades de control, para cuya aplicación se requieren conocimientos sobre la enfermedad.

2. IMPORTANCIA DEL TIZON TARDIO

A la vez que es la más seria de las enfermedades fungosas de la papa, el tizón tardío se presenta en casi todas partes donde se conoce la papa y es especialmente importante en las áreas con tradición en el mismo.

En varias oportunidades, la enfermedad ha alcanzado proporciones desastrosas. Bien documentada es la hambruna de Irlanda de más o menos 1845 a 1850 cuando, como consecuencia de una epifitotia de tizón tardío, murieron un millón de personas de un total de ocho millones de habitantes, y otro millón y medio emigraron del país. La población de Irlanda dependía completamente de la papa que constituía virtualmente su única fuente de alimento. La biología de la enfermedad y los métodos de su control eran totalmente desconocidos. En otras partes de Europa y América del Norte, la enfermedad fue tan severa como en Irlanda, pero en esas áreas se evitó la hambruna gracias a la existencia de una mayor variedad en los alimentos.

⁵Científico Centro Internacional de la Papa

No obstante un mayor conocimiento sobre la enfermedad, el tizón tardío continúa siendo uno de los principales factores que limitan la producción de papa en el mundo entero. Si no es controlado, las pérdidas pueden llegar a 100 % e, incluso, con niveles más bajos de infección la cosecha puede resultar no apta para el almacenamiento.

La enfermedad puede ser controlada con relativa facilidad mediante fungicidas. Pero, en muchas partes del mundo en desarrollo, para el agricultor cuyo sistema de producción es de subsistencia, el control químico es poco factible debido al alto costo de las aplicaciones de fungicidas. Además, en casi todos los países en desarrollo, los fungicidas o sus ingredientes activos son importados, lo cual convierte a la papa en una hortaliza costosa a la vez que significa un indeseable drenaje de divisas para esos países.

3. SINTOMAS

En una etapa avanzada de la enfermedad, los síntomas tienen parecido con los causados por las heladas. Las plantas que se encuentran severamente afectadas por el tizón tardío producen un olor que las distinguen y que resultan del colapso del tejido vegetal. La enfermedad afecta las hojas, los tallos y los tubérculos.

Las hojas. En el campo, los primeros síntomas de la enfermedad se presentan con frecuencia en las hojas inferiores. Estos síntomas consisten en pequeñas manchas de color entre verde claro y verde oscuro que se convierten en lesiones pardas o negras según la humedad del ambiente. Las lesiones se inician frecuentemente en las puntas y los bordes de las hojas. Una aureola verde clara o amarilla de algunos milímetros de ancho suele separar el tejido muerto del sano. Bajo condiciones de alta humedad y temperaturas frías, las lesiones se expanden rápidamente. La esporulación puede verse en el envés de las hojas como un moho blanco que rodea las lesiones. Puede volverse poco notable durante el día mientras las lesiones se secan y arrugan. En menos de una semana la enfermedad puede propagarse desde los primeros folíolos infectados en unas pocas plantas, hasta casi todas las plantas de un campo. Las hojas pueden caerse.

Los tallos. Las lesiones pueden desarrollarse por infección directa o por extensión a partir de las hojas, en los pecíolos y los tallos, donde se expanden longitudinalmente. Los tallos infectados se debilitan, pueden tener un colapso y morir de la lesión hacia arriba.

Los tubérculos. Los tubérculos infectados presentan una descoloración superficial e irregular. Las lesiones necróticas, secas y de color marrón penetran desde la superficie en el tubérculo. Los patógenos secundarios (principalmente bacterias) pueden convertir la casi inodora (sólo tiene un tenue olor a vinagre) pudrición seca, típica de *P. infestans*, en una pudrición blanda mal oliente. El tizón tardío no se propaga normalmente durante el almacenamiento; sin embargo, las infecciones secundarias pueden contaminar los demás tubérculos.

Nota: No confundir los síntomas del tizón tardío con los del tizón temprano causados por *Alternaria solani*. Las lesiones del follaje debidas al tizón temprano son marrones y quebradizas y presentan generalmente anillos concéntricos. La esporulación no aparece como un moho blanco. En los tubérculos, las lesiones causados por *A. solani* están claramente demarcadas. Igualmente, el tizón temprano aparece bajo condiciones demasiado secas y cálidas para el tizón tardío.

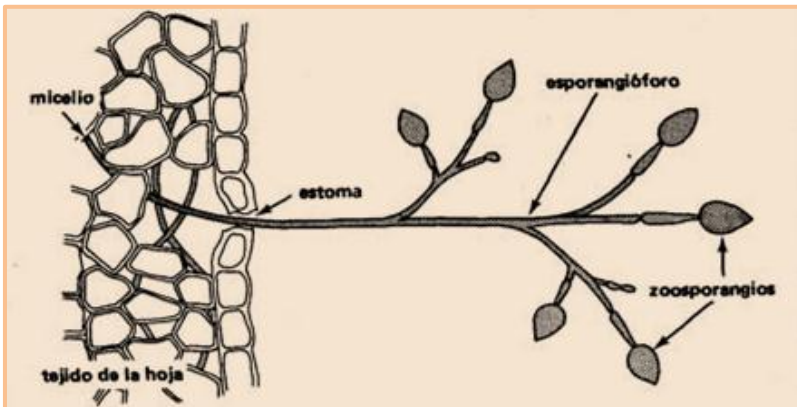


En los tubérculos las lesiones necróticas, secas y de color, penetran desde la superficie en el tubérculo

4. BIOLOGIA

El tizón tardío es causado por el hongo *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. El hongo afecta la papa, el tomate y algunas otras plantas solanáceas.

La mayoría de los aspectos de la biología del *P. infestans* sólo pueden ser vistos por medio de un microscopio. De esta manera pueden observarse fácilmente los hilos fungosos (micelio). Estos se caracterizan por la ausencia de tabiques transversales (septas). El micelio se desarrolla entre las células (intercelularmente) y sólo sus extensiones (haustorios) entran a las células. La reproducción ocurre tanto de manera **asexual** (vegetativa) como **sexual** (generativa).



El micelio se desarrolla entre las células. Tres a diez días después de la infección, los esporangióforos emergen a través de las estomas

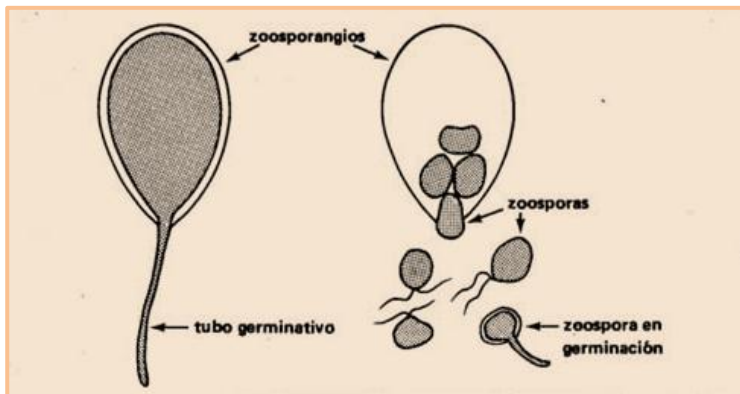
Reproducción asexual. Entre tres y diez días después de la infección, según las condiciones ambientales, los órganos portadores de esporas (los esporangióforos) emergen a través de las estomas en la superficie de las hojas. Las estomas son más frecuentes en el envés que en el haz de la hoja. Esto explica por qué la esporulación en la cara inferior (envés) sea más abundante que en la superior (haz). Los zoosporangios (también llamados esporangios o conidias) se desarrollan en el extremo de estos esporangióforos. Cuando están maduros, los zoosporangios se desprenden fácilmente y son diseminados por el viento. La mayoría de las esporas caen a los pocos metros; sin embargo, pueden llegar a recorrer distancias de más de 30 km.

La esporulación puede ser demostrada con un experimento simple: En un recipiente con agua se introduce un tallo con pequeñas lesiones en las hojas. Se cubre el recipiente con una bolsa de plástico. Durante la noche, se mantiene a una temperatura ambiental, entre 15 y 22 °C. A la mañana siguiente se puede observar la esporulación blanca, especialmente en la superficie inferior (envés) de las hojas.

El tamaño de los zoosporangios se encuentra justo debajo del límite de detección del ojo humano. Su forma, que se parece a la de un limón, puede apreciarse mediante un microscopio. Los zoosporangios pueden germinar **directa** o **indirectamente**.

En cierto grado, los zoosporangios germinan **directamente** a temperaturas por encima de 20 °C (la óptima es de 24 °C). Un zoosporangio se comporta como una simple espora. Forma un tubo germinativo que puede entrar en el tejido de la planta. En la naturaleza, la germinación directa parece ser de poca importancia.

Los zoosporangios germinan **indirectamente** a temperaturas de 12 a 16 °C. Cada esporangio suelta 10 a 20 esporas móviles (zoosporas). Activadas por dos flagelos, las zoosporas permanecen móviles durante un tiempo que varía de algunos minutos a varias horas. Bajo ciertas condiciones, pierden los flagelos, forman una pared celular y, a continuación, un tubo germinativo.



En la germinación directa de esporas (izquierda), los zoosporangios forman un tubo germinativo. En la germinación indirecta (derecha), cada esporangio suelta 10 a 20 zoosporas

En las hojas y los tallos, los tubos germinativos pueden penetrar directamente en la epidermis de la planta (no se requieren estomas). En los tubérculos, los tubos germinativos penetran a través de lenticelas, o de lesiones. Como el hongo no puede sobrevivir un tiempo prolongado fuera del tejido hospedante, los zoosporangios o zoosporas mueren si no encuentran un tejido hospedante apropiado.

Reproducción sexual. Hasta 1984, el estado sexual de *P. infestans* sólo ha sido señalado en México y partes de Centroamérica. Publicaciones más recientes informan sobre su ocurrencia en otras partes del mundo. Cuando los micelios de diferentes tipos del hongo (llamados tipos de apareamiento A₁ y A₂) crecen juntos, uno de ellos puede formar células masculinas (anteridios) y las otras células femeninas (oogonios). El oogonio crece a través del anteridio, permitiendo la fertilización. El oogonio fertilizado se convierte en una "espora de descanso" de paredes gruesas (oóspora). Las oósporas, a diferencia de los zoosporangios y las zoosporas, pueden resistir condiciones desfavorables, tales como sequías y bajas temperaturas.

La formación de oósporas ayuda al *P. infestans* y a las especies afines a sobrevivir en condiciones adversas como invierno, períodos secos y ausencia de hospederos. Debido, posiblemente, a la ausencia del tipo de apareamiento A₂, la formación de oósporas en *P. infestans* no ha sido observada fuera de México y Centroamérica.

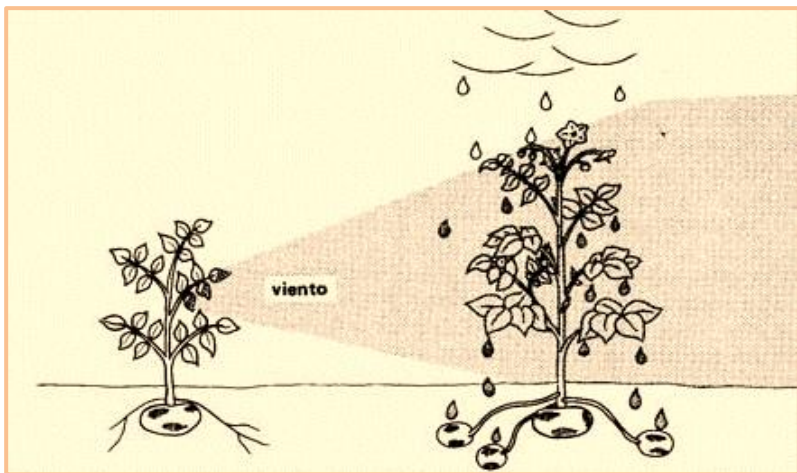
Las oósporas de *P. infestans* germinan mediante la formación de un esporangio que es similar a los descritos en la reproducción asexual. Después de producirse la infección en un hospedero, las zoosporas resultantes pueden iniciar un nuevo ciclo de vida.

5. EPIDEMIOLOGIA

Con excepción de las oósporas que pueden sobrevivir en el suelo, en la naturaleza el patógeno sólo persiste en hospedantes susceptibles. Las fuentes de infección son:

- Los tubérculos-semillas infectados,
- Las pilas de tubérculos descartados,
- Los cultivos de papa vecinos,
- Otras plantas hospedantes.

Tubérculos-semillas infectados. En áreas donde se cultiva la papa sólo en determinadas temporadas, los tubérculos-semillas enfermos constituyen generalmente la fuente más importante de infección. Los tubérculos se infectan a través de sus lenticelas y lesiones cuando, por acción de la lluvia, las esporas caen de las hojas infectadas y penetran en el suelo, especialmente cuando los tubérculos se forman en la superficie del suelo y no están suficientemente cubiertos por el aporque. En la cosecha, los tubérculos también pueden ser contaminados por contacto con el follaje infectado.



Los tubérculos se infectan cuando, por acción de la lluvia, las esporas caen de las hojas infectadas y penetran en el suelo

Normalmente, los tubérculos infectados por tizón se pudren cuando son sembrados en el campo. Sin embargo, algunos tubérculos enfermos llegan a formar brotes que luego se convierten en fuentes primarias de infección.

Pilas de tubérculos descartados. Se encuentran a menudo tubérculos infectados en las pilas de papa descartada. También los tubérculos de cosechas anteriores, que hayan quedado en el campo, pueden estar infectados y pueden convertirse en una fuente primaria de infección para un cultivo nuevo.

Cultivos de papa vecinos. Los cultivos de papa vecinos constituyen otra fuente de infección, especialmente en áreas donde se cultiva la papa todo el año.

Otras plantas hospedantes. Algunas otras plantas solanáceas pueden ser afectadas por *P. infestans*. En la mayoría de los países, el tomate es el hospedero alterno más importante. El patógeno persiste, además, en las especies silvestres de papa que están ampliamente distribuidas en las tierras altas de México, América Central y América del Sur.

De las fuentes primarias de infección, las esporas son diseminadas por el viento hacia los campos. Para el desarrollo de la enfermedad, la temperatura y la humedad son de fundamental importancia.

La temperatura más favorable para el desarrollo del hongo (el micelio, los esporangios) es alrededor de 21 °C, pero el hongo se mantiene vivo en tejidos hospedantes a temperaturas entre 0 y 28 °C. Los zoosporangios se desarrollan en temperaturas entre 9 y 22 °C.

El desarrollo del hongo en la hoja es poco afectado por la humedad del ambiente. Sin embargo, los esporangios sólo se forman cuando la humedad relativa dentro del follaje es superior a 95 %. Cuando la temperatura es óptima, se requieren ocho horas de alta humedad para la producción de zoosporangios, la liberación de zoosporas y la penetración. Tiene que haber agua (rocío, lluvia) en la superficie de las hojas durante un mínimo de dos horas para que las zoosporas se formen, germinen y penetren.

En resumen, la enfermedad se desarrolla y se propaga en forma más rápida a temperaturas bajas y en un alto grado de humedad. Bajo tales condiciones, en sólo tres días puede completarse un ciclo de la enfermedad. Las condiciones desfavorables para la enfermedad pueden prolongar o interrumpir temporalmente el ciclo.

Para el mejor manejo de la enfermedad y la programación de aplicaciones de fungicidas, se han desarrollado diversos métodos de pronóstico del tizón tardío basados en la observación de las condiciones de temperatura y humedad. Se puede esperar un severo ataque de tizón tardío cuando el "período de humedad de la hoja" pasa de las 8 ó 10 horas en varios días consecutivos y la temperatura fluctúa entre 10

y 24 °C. Los días frescos y nublados, con lluvias frecuentes, caracterizan el típico clima del tizón tardío.

Los programas de pronóstico del tizón tardío parecen funcionar mejor en los climas templados que en la mayor parte de las tierras altas de la zona tórrida, donde se cultiva la papa principalmente en la estación de lluvias.

6. CONTROL

El desarrollo del tizón tardío es favorecido por variedades de papa susceptibles y cuando las condiciones ambientales apropiadas persisten durante suficiente tiempo. En general, cualquier medida agronómica que afecte esta relación, puede ser utilizada para reducir la enfermedad.

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

Procedimiento de siembra. Donde las temporadas de lluvia sean definidas, la severidad de la enfermedad puede reducirse mediante un cambio en el tiempo de la siembra. Esto puede, sin embargo, reducir el rendimiento, pues la papa necesita mucha agua durante la formación del tubérculo.

Manejo agronómico. Cualquier tratamiento que acelere el secado del follaje y reduzca la humedad dentro del cultivo, contribuye a restringir el desarrollo de la enfermedad. Entre estos tratamientos se encuentran una mayor distancia de siembra y los procedimientos apropiados de riego. El riego por aspersión tiende a incrementar la severidad de la enfermedad.

Los tubérculos sin cubrir, o pobremente cubiertos con suelo, son fácilmente infectados por las esporas que el agua arrastra del follaje. Un aporque adecuado reduce la cantidad de esporas que llegan a los tubérculos y puede conducir a que el campo seque más rápido después de una lluvia.

Resistencia. Deben utilizarse variedades con la mayor resistencia si tienen aceptación comercial. En la sección 6 se describen con más detalle dos tipos de resistencia, la resistencia específica a razas y la resistencia general.

Cosecha. Si el follaje ha sido afectado por el tizón tardío, debe ser destruido mecánica o químicamente, por lo menos, una semana antes de la cosecha. Esta práctica reduce la posibilidad de infección de los tubérculos por contacto con hojas y tallos infectados y contribuye a la suberización de la piel de tal manera que los tubérculos sean menos vulnerables a la infección. Esto ayuda, además, a reducir el daño mecánico y la infección causada por patógenos durante el almacenamiento.

Los tubérculos sólo deben ser cosechados cuando estén maduros (la piel ya no se desprende al frotar el tubérculo). El suelo debe estar seco para impedir la infección a través de la piel dañada o las lenticelas. Solamente se deben almacenar tubérculos libres de enfermedades.

Los residuos de un cultivo, incluyendo los tubérculos infectados, deben ser retirados del campo o enterrados con la labranza. Las pilas de tubérculos descartados deben ser cubierto con suficiente tierra para impedir la emergencia de estos tubérculos.

Aplicaciones de fungicidas. Los fungicidas preventivos principalmente inhiben la germinación y la penetración de las esporas. Una vez que el patógeno haya entrado en las hojas, la mayoría de los fungicidas son ineficaces. Un programa preventivo de aplicación de fungicidas debe iniciarse inmediatamente después de que los primeros síntomas de tizón tardío aparezcan en un cultivo. Se debe mantener una capa apropiada de fungicida en el follaje mientras existan condiciones que favorezcan al tizón tardío. En un cultivo susceptible, pueden ser necesarias hasta 15 aplicaciones por temporada.

Tan importantes como la elección de un fungicida efectivo son el dosaje y la aplicación adecuados. Las instrucciones que vienen con el fungicida, deben ser cuidadosamente seguidas. El equipo aspersor deben ser mantenidos en óptimas condiciones para asegurar la aspersión pareja y fina del fungicida.

La observación de los datos meteorológicos puede ayudar a determinar cuándo son necesarias las aplicaciones de fungicidas y cuándo no lo son.

Los fungicidas sistémicos más recientemente desarrollados (acilalaninas) se movilizan dentro de la planta. Una aplicación constante y uniforme no es tan importante como cuando se trata de los fungicidas convencionales, y la frecuencia de aplicación puede ser reducida. Las formas granulares aplicadas al suelo no requieren equipos de pulverización. Los fungicidas sistémicos pueden ser altamente efectivos; sin embargo, se ha informado últimamente que el hongo ha desarrollado resistencia a estos fungicidas.

No se pueden dar recomendaciones generales para la aplicación de fungicidas, puesto que la disponibilidad, la eficacia, las condiciones y los reglamentos varían de un país a otro. Para las recomendaciones adecuadas en un área particular, se debe recurrir a los expertos locales.

Control integrado. El mejor control es una combinación de medidas preventivas, basadas en el uso de variedades resistentes. Las aplicaciones costosas de fungicidas pueden entonces ser reducidas. El objetivo del manejo integrado del tizón tardío no es la erradicación de la enfermedad sino la producción más económica de papa.

7. TIPOS DE RESISTENCIA

Generalmente, se distinguen dos tipos de resistencia de la papa al tizón tardío:

- La resistencia específica a razas,
- La resistencia general.

Resistencia específica a razas. Como su nombre lo indica, este tipo es solamente efectivo contra las razas del hongo. Es controlado por los genes dominantes R (r = recesivo) y también es llamado resistencia de genes R, resistencia por genes mayores y resistencia vertical. Los genes R de la papa están estrechamente relacionados con los genes de virulencia del hongo. Por cada gen de resistencia del hospedero, el hongo puede tener un gen de virulencia que supera el gen de resistencia y produce compatibilidad entre el hongo y el hospedero.

La resistencia a una raza específica es un factor **cuantitativo**; es decir, es o no es efectiva, independientemente del número de genes involucrados.

La relación resistencia/virulencia puede ser visualizada al compararla con la cerradura y la llave. Con la ayuda de los genes R, una planta de

papa tiene la posibilidad de cerrarle la puerta al hongo, mientras el hongo no tenga las correspondientes llaves de virulencia. La planta puede instalar varias cerraduras (genes R) y el hongo puede tener varias llaves. Siempre y cuando el hongo ataque con la correcta combinación de llaves, le será posible entrar en la planta.

Los genes R causan una reacción de hipersensibilidad en el tejido de la planta: las células de la planta afectada -y, por consiguiente, el micelio fungoso invasor- mueren antes de que el patógeno sea capaz de reproducirse.

Los genes R utilizados en mejoramiento se han obtenido principalmente de *Solanum demissum*. Esta especie de papa es originaria de México donde también se produce el ciclo reproductivo sexual de *P. infestans*. La coincidencia de estos dos hechos, llevó a la suposición que *S. demissum* y *P. infestans* evolucionaban paralelamente (coevolución).

En la primera mitad de este siglo, la incorporación de genes R. de *S. demissum* a los materiales de mejoramiento tuvo un éxito espectacular. Sin embargo, la introducción de los genes R trajo consigo un cambio en la población fungosa hacia un predominio de razas compatibles y la resistencia de cada nueva variedad era sólo efectiva durante unos pocos años.

Actualmente se conocen 12 genes R, los cuales en todas sus combinaciones teóricamente corresponden a $2^{12}=4096$ razas posibles del hongo. En vista de la alta variabilidad del hongo, los mejoradores ya no confían en los genes R, a pesar de que éstos están ampliamente distribuidos en los materiales de mejoramiento debido al uso extensivo de *S. demissum*.

Relación entre algunos genes de resistencia de la papa y algunos genes de virulencia del hongo *Phytophthora infestans* (ejemplos)

Genes de resistencia de la papa	Genes de virulencia del hongo									
	0 (ninguno)	1	2	3	4	1.2	1.3	3.4	1.2.3	1.2.3.4
R ₁		c				c	c		c	c
R ₂			c			c			c	c
R ₃				c			c	c	c	c
R ₄					c			c		c
R _{1.2}						c			c	c
R _{1.2.3.4}										c
r	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c

La resistencia específica de la papa es controlada por los genes dominantes R (r=recesivo). Con la ayuda de los genes R, una planta de papa tiene la posibilidad de cerrarle la puerta al hongo mientras el hongo no tenga las correspondientes llaves de virulencia. La planta puede combinar varios genes R. Cuando el hongo ataque con la correcta combinación de genes de virulencia, podrá entrar en la planta.

La tabla sólo presenta las "reacciones compatibles" = c; todas las otras combinaciones son "incompatibles".

Resistencia general. La resistencia general, también llamada resistencia de campo, resistencia horizontal, resistencia de genes menores, no está controlada por genes dominantes específicos de resistencia, como en el caso de la resistencia específica a razas. Se presume que muchos factores contribuyen a la resistencia general, como la resistencia de las células de la cutícula y la epidermis a la fuerza mecánica o a las enzimas, la actividad de las sustancias de las hojas para inhibir la germinación y la penetración de las esporas, el número de estomas y muchos otros factores.

Por definición, una variedad con resistencia general es susceptible, pero es menos susceptible que una variedad con una menor resistencia general. El nivel de resistencia general depende también de factores ambientales locales, incluyendo las condiciones de crecimiento. Sin embargo, su eficacia no depende de la presencia o la ausencia de ciertas razas del hongo, y, si se debilita, no lo hace rápidamente.

La resistencia general es un factor **cuantitativo** y es controlada por muchos genes, cada uno de los cuales puede contribuir en mayor o menor grado a la resistencia. Estos genes pueden estar presentes en muchas especies de papa, incluso las especies mexicanas que, al mismo tiempo pueden tener genes R.

La mayoría de los mejoradores se concentran ahora en la resistencia general para mejorar variedades mediante un proceso llamado selección recurrente. Las progenies con resistencia general son cruzadas entre ellas para acumular genes de resistencia general; luego, son evaluadas por resistencia general y, finalmente, las progenies más resistentes vuelven a ser cruzadas entre ellas.

Como gran parte del material actual de mejoramiento se deriva de las especies mexicanas de papa, los dos tipos de resistencia, la resistencia específica a razas y la resistencia general, están frecuentemente presentes al mismo tiempo. Esto dificulta la evaluación de las progenies. Para medir exclusivamente la resistencia general, un campo debe idealmente ser inoculado con una raza que contiene todos los genes de virulencia, que estén presentes en una población de plantas hospedantes.

8. EVALUACION DE LA RESISTENCIA

Para los agricultores, la utilización de variedades resistentes es la manera más práctica de controlar el tizón tardío. En algunos programas nacionales el material resistente puede estar ya disponible o puede ser obtenido de otras fuentes, como el CIP. Como la resistencia general al tizón tardío depende del ambiente específico de una región de cultivo de papa, esto hace necesario evaluar la resistencia en condiciones locales de campo.

Al tomar nota de la severidad de la enfermedad, se debe observar con cuidado si los síntomas realmente se deben al tizón tardío o quizás a otras causas, como tizón temprano, heladas o herbicidas. Con sol fuerte, puede ser difícil distinguir las causas y el grado de daño

alcanzado. En días de sol, las evaluaciones deben iniciarse al amanecer y ser completadas antes de las 11:00 a.m.

Comúnmente, se hace un estimado visual de la intensidad del ataque de tizón tardío, basándose en la proporción (por ciento) del área foliar afectada. En el CIP se ha desarrollado una escala en la cual los porcentajes corresponden a valores de 1 (sin síntomas) hasta 9 (las plantas muertas).

La frecuencia con la que se debe hacer el estimado, depende del objetivo del trabajo. Como una regla, debe efectuarse semanalmente a partir del momento en que el tizón tardío sea observado por primera vez. Para evitar que los datos de estimaciones previas influyan en la evaluación por hacerse, una persona debe efectuar la estimación y otra debe hacer los apuntes en el libro de campo. Como una alternativa, puede emplearse una pequeña grabadora de casetes.

En un programa de evaluación donde las poblaciones de mejoramiento contienen genes R, es importante seleccionar sólo clones o variedades que presenten, por lo menos, algunas lesiones esporulantes pues esto es una indicación de la presencia de razas compatibles en el lugar de la prueba. Ello significa que la resistencia general de un clon o de una variedad puede ser determinada localmente.

Varios procedimientos para interpretar los resultados y comparar los tratamientos (variedades, clones, etc.) incluyen la curva de incremento de la enfermedad, la tasa de infección (r) y el área debajo de la curva de infección (A). Obviamente, cuanto más alto son los valores r o A , cuanto más susceptible es una variedad. Vea los ejemplos siguientes.

Ejemplo : Experimento de tizón tardío, Colombia, variedad Tequendama, tamaño de parcelas 5 x 5 m, 3 replicaciones. Evaluación de tizón tardío según la escala de valores del CIP y la correspondiente área afectada (%)

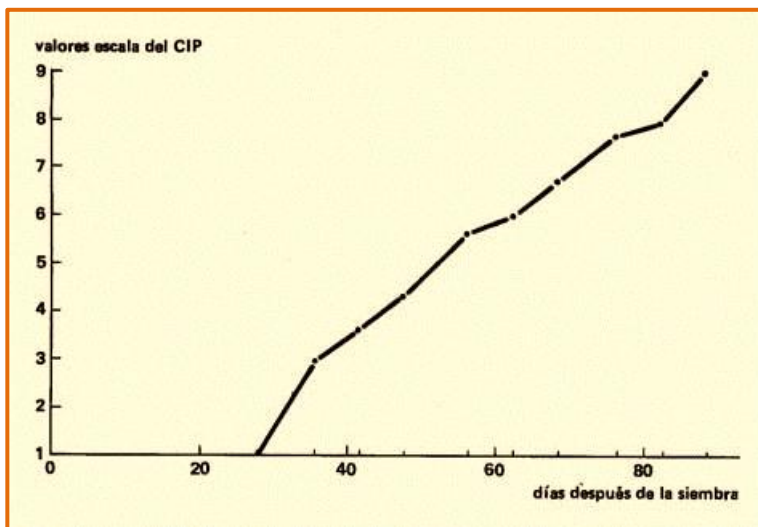
Días después de la siembra	Valores de la escala del CIP en la replicación			Promedio
	I	II	III	
28	1	1	1	1,0
36	2	4	3	,0
42	3	4	4	3,7
48	3	5	5	4,3
57	5	6	6	5,7
63	5	7	6	6,0
69	6	7	7	6,7
77	7	8	8	7,7
83	8	8	8	8,0
89	9	9	9	9,0

Días después de la siembra	Area foliar afectada (%) en la replicación			Promedio
	I	II	III	
28	0,0	0,0	0,0	0,0
36	2,5	25,0	10,0	12,5
42	10,0	25,0	25,0	20,0
48	10,0	50,0	50,0	36,7
57	50,0	75,0	75,0	66,7
63	50,0	90,0	75,0	71,1
69	75,0	90,0	90,0	85,0
77	90,0	97,5	97,5	95,0
83	97,5	97,5	97,5	97,5
89	100,0	100,0	100,0	100,0

Clave de campo para evaluar el tizón tardío de la papa

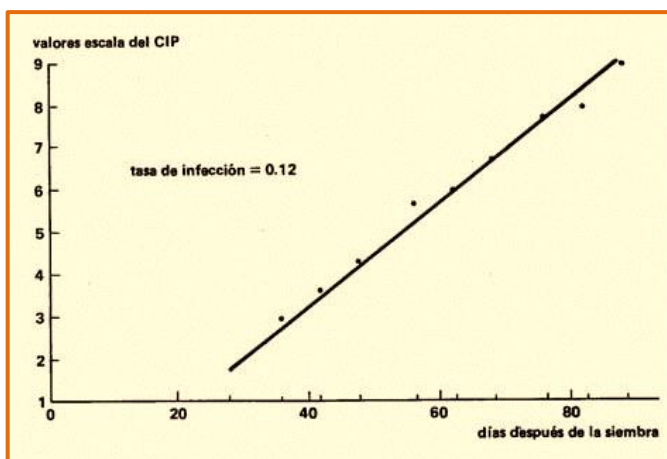
Valores escala del CIP	Tizón (%)		
	medida	límites	Síntomas
1	0		No se observa tizón tardío
2	2,5	trazas < 5	Tizón tardío presente. Máximo 10 lesiones por planta
3	10	5 < 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente vistas al observar de cerca. Máxima área foliar afectada por lesiones o destruida corresponde a no más de 20 folíolos
4	25	15 < 35	El tizón fácilmente visto en la mayoría de las plantas. Alrededor del 25 % del follaje está cubierto de lesiones o destruido.
5	50	35 < 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas; las hojas inferiores, muertas. Alrededor del 50 % del área foliar está destruido.
6	75	65 < 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75 % de cada planta está afectado. Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
7	90	85 < 95	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Sólo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones extensas.
8	97,5	95 < 100	La parcela se ve parda. Unas cuantas hojas superiores aún presentan algunas áreas verdes. La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Todas las hojas y los tallos están muertos

La descripción de síntomas se basa en plantas con 4 tallos y 10 a 12 hojas por tallo.



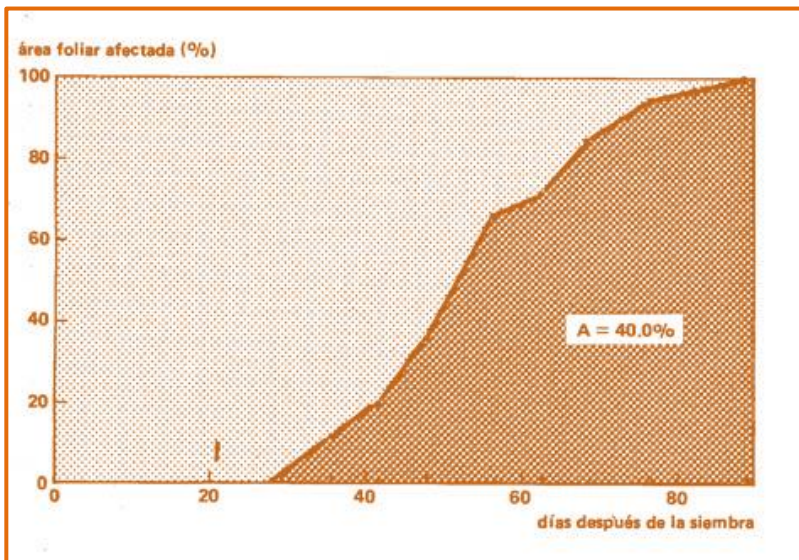
L
a
s
c
u
r
v
a
s
d
e
i
n

crecimiento de la enfermedad (valores versus tiempo) de los tratamientos pueden ser comparadas visualmente. Ejemplo: variedad Tequendama, promedios de los valores de la escala del CIP



La tasa de infección (r) es el coeficiente de regresión de los valores de la escala del CIP a través del tiempo (días después de la siembra). Ejemplo: variedad Tequendama, $r = 0,12$ r puede también ser calculado de los porcentajes del área foliar afectada transformados en "logits"

El área debajo de la curva de infección (A) se calcula con los porcentajes (promedios) del área foliar afectada versus el tiempo. "A" esta comúnmente expresado como la proporción del área debajo de la curva de infección en relación (%) al área máxima posible (área foliar 100 % afectada a partir del día de la siembra o del día 0). Ejemplo: variedad Tequendama, $A = 40,0\%$



8. LECTURAS ADICIONALES

1. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1983. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 96 pp.
2. ERWIN, D.C.; BARTNICKI-GARCIA, S.; TSAO, P.H. (eds.). 1983. *Phytophthora*. Its biology, taxonomy, ecology, and pathology. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 392 pp.
3. HOOKER, W. (ed). 1981. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. pp 56-60.
4. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1973. Late blight strategy. Planning Conference Report 3. Internacional Potato Center, Lima, Perú. 43 pp.
5. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1986. Field screening procedures to evaluate resistance to late blight. Technology Evaluation Series 5. International Potato Center, Lima, Perú. 17 pp.
6. NIEDERHAUSER, J.S.; COBB, W.C. 1959. The late blight of potatoes. *Scientific American* 200:100-112.
7. SHAW, D.S; FYFE, A.M.; HIBBERD, P.G.; ABDEL-SATTAR, M. A. 1985. Occurrence of the rare A2 mating type of *Phytophthora infestans* on imported Egyptian potatoes and the production of sexual progeny with A1 mating types from the UK. *Plant Pathology* 34:552-556.
8. WALKER, J.C. 1969. Late blight of potato and tomato. *Plant Pathology*, pp.229-242. McGraw-Hill.

EL TIZON TEMPRANO DE LA PAPA

Alternaria solani

Rainer Zachmann ⁶

1. INTRODUCCION

El tizón temprano de la papa es causado por el hongo *Alternaria solani*. Ataca principalmente el follaje de la papa, pero también ataca los tubérculos. La enfermedad es un problema importante en muchas áreas que son muy calientes o muy secas para que se presente el tizón tardío, otra enfermedad fungosa, causado por *Phytophthora infestans*. Hay varias prácticas posibles para controlar el tizón temprano.

2. IMPORTANCIA DEL TIZON TEMPRANO

El tizón temprano fue descrito por primera vez en 1882. Es un problema serio en muchas áreas del mundo donde no sólo afecta a la papa, sino también al tomate y a otras solanáceas. El tizón temprano ha sido menos estudiado que el tizón tardío, pero en los últimos años se ha observado que es una enfermedad importante en muchas áreas calientes donde se cultiva la papa.

La enfermedad ataca al follaje y algunas veces también a los tubérculos. La disminución del rendimiento causado por el ataque al follaje alcanza hasta más del 50 %. El efecto del tizón temprano algunas veces puede ser enmascarado por la incidencia fuerte de otras enfermedades, como la marchitez ocasionado por el hongo *Verticillium*.

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

⁶Científico Centro Internacional de la Papa

3. SINTOMAS

Los síntomas ocurren en el follaje y en los tubérculos.

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

Las infecciones **en los tubérculos** se caracterizan por lesiones irregulares, hundidas, con bordes elevados. Están distribuidas sin orden en la superficie del tubérculo. Su color pasa del gris al marrón o púrpura y al negro. El tejido que está debajo de las lesiones es de color marrón oscuro, duro y seco, y se extiende dentro del tubérculo desde unos pocos milímetros hasta 2 ó 3 cm. Con frecuencia está rodeado por una zona angosta empapada de agua.

Los síntomas del tizón temprano no deben confundirse con los causados por el *Phytophthora infestans* (tizón tardío). Las lesiones del tizón tardío en las hojas generalmente no forman anillos concéntricos. Cuando existe alta humedad relativa esas lesiones muestran esporulación en forma de moho blanco en el envés de las hojas, lo que no ocurre con el tizón temprano. En contraste con el tizón temprano, el tizón tardío de manera característica se presenta bajo condiciones prolongadas de humedad y frío. Las lesiones causadas por el tizón temprano en los tubérculos no se extienden en forma irregular en el interior del tejido, como ocurre en el caso del tizón tardío.

En los trópicos húmedos, lesiones foliares pueden ser causadas adicionalmente por otros hongos, como *Alternaria alternata*, y *Phoma*, *Septoria* y *Macrophomina spp.* Los síntomas son a veces similares y se pueden confundir con los causados por *A. solani*.



En las hojas, las lesiones del tizón temprano presentan una zonación característica con apariencia de tablero para tiro al blanco. Bajo condiciones secas pueden caerse dejando un hueco

4. EPIDEMIOLOGIA

El inóculo de *A. solani* sobrevive de campaña en campaña (pero no después de varios años) como micelio o como esporas sobre restos de plantas, o sobre la superficie del suelo, o dentro de éste de donde las esporas son diseminadas por acción del viento. El patógeno puede también subsistir sobre los tubérculos. La diseminación inicial, primaria, de este patógeno en el suelo puede permanecer restringida, pero constituye la base para una propagación secundaria -y a menudo fuerte de la enfermedad. Las hojas jóvenes parecen ser resistentes al desarrollo primario del hongo. Pueden estar infectadas pero los síntomas no aparecen, por varias semanas. Cuando las hojas empiezan a envejecer, se desarrollan lesiones típicas, predominantemente en las hojas inferiores de la planta. Las hojas de la parte media y superior continúan

mostrándose sanas aun cuando pueden estar tan fuertemente infectadas como las inferiores.

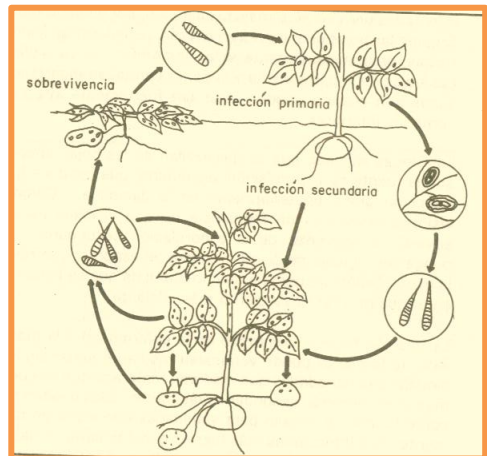
Las pocas lesiones que se desarrollan en las hojas inferiores son la fuente de esporulación secundaria, que conduce a una infección grave posteriormente en la campaña. Como las lesiones primarias con frecuencia no son visibles, es difícil advertir el comienzo de la esporulación secundaria. Esta puede ser vigilada mediante trampas de esporas, que revelan la esporulación secundaria mucho antes de que se extienda la enfermedad. (Ver la sección 6 más adelante.)

La relación entre el desarrollo de la enfermedad y la maduración de la planta puede verificarse mediante varias observaciones. Las variedades que maduran temprano con frecuencia muestran infección secundaria más fuerte. Ellas pueden servir como fuente de inóculo para variedades que maduran tardíamente. Las infecciones más fuertes generalmente se desarrollan hacia el final de la campaña de cultivo. El efecto del tizón temprano es difícil de cuantificar cuando otras condiciones adversas, como la sequía y la marchitez causada por el *Verticillium*, contribuyen a la senectud temprana del cultivo.

La infección **foliar** es favorecida por el calor (alrededor de 25 °C) y la humedad. La lluvia estimula la enfermedad, pero no es necesario que llueva si hay rocío abundante y frecuente. Otros factores que aumentan la pérdida son el riego por aspersión, la cosecha mecánica y el almacenamiento a temperaturas elevadas (superiores a 10 °C).

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

Ciclo epidemiológico del tizón temprano. El patógeno sobrevive en los desechos de la planta o en el suelo. En la infección primaria las lesiones se desarrollan en las hojas inferiores. Estas son la fuente de la esporulación secundaria, que conduce a una infección fuerte más tarde en la campaña

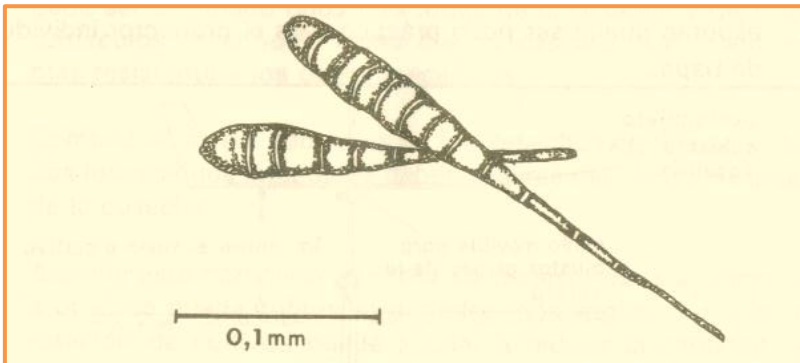


5. BIOLOGIA

El hongo *Alternaria solani* Sorauer (familia Dematiaceae, clase-forma Deuteromicetos) se propaga por esporas llamadas conidios. Los conidios son elípticos, oblongados o en forma de mazos, de color oscuro, con tabiques transversales (septas) pero a menudo sin paredes celulares longitudinales, y terminan en una célula que se alarga y adelgaza bastante. Son de tamaño microscópico, de 15 a 29 μm de ancho y de 150 a 300 μm de largo. La célula terminal se va adelgazando en un extremo, formando un apéndice delgado de 2,5 a 5,0 μm .

Bajo condiciones óptimas de alta humedad y temperaturas entre 24 y 34 °C, la germinación de los conidios se inicia en unos treinta minutos. El tubo germinal en desarrollo penetra en las hojas a través de la epidermis o las estomas. El micelio septado y ramificado se expande dentro de las hojas. Debido a sustancias tóxicas producidas por el hongo el daño avanza adelante del crecimiento de micelio. En cultivo puro, el crecimiento óptimo ocurre alrededor de 28 °C.

Los conidióforos que contienen las esporas son producidas individualmente o en pequeños grupos. La luz y las temperaturas entre 19 y 23 °C estimulan el desarrollo de los conidióforos.



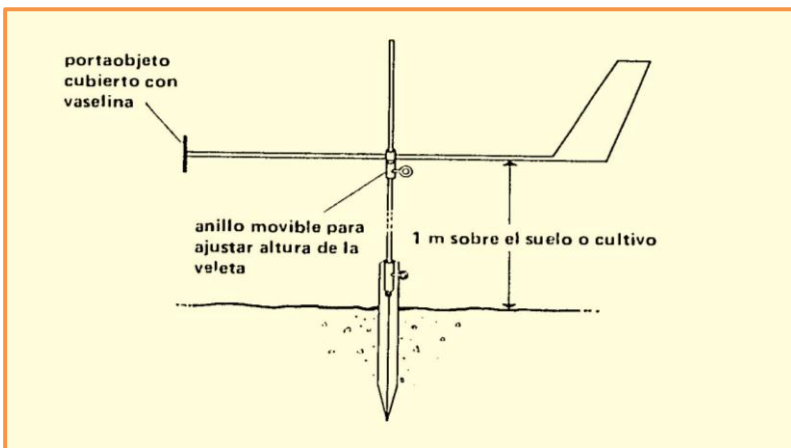
Las esporas de *A. solani*, llamadas conidias, tienen forma de mazo, son septadas con una larga célula terminal, y son de color oscuro. Bajo condiciones óptimas pueden empezar a germinar en 30 minutos

6. DETECCION DE LA PROPAGACION DE ESPORAS

La infección primaria tiene un efecto económico pequeño, pero es importante para el desarrollo de la enfermedad, porque puede dar lugar a una gran propagación secundaria de esporas. Conocer el comienzo de esta propagación secundaria es importante para programar las medidas de control.

La propagación secundaria de las esporas empieza con el desarrollo de las lesiones primarias en las hojas inferiores de la planta. El desarrollo de estas lesiones puede ser detectado visualmente. Sin embargo, las lesiones primarias son difíciles de ver y pueden pasar inadvertidas con facilidad. Puede haber empezado una considerable propagación de esporas antes de que se detecten visualmente las primeras lesiones.

Para proporcionar servicio de alerta a los productores de papa de una región, las estaciones experimentales que tienen un microscopio simple pueden usar un método relativamente fácil para atrapar las esporas. Se trata de la trampa para esporas, que se compone de un portaobjeto para microscopio cubierto con vaselina y fijado a una veleta, la cual lo sostiene contra el viento. Las esporas de *Alternaria* que lleva el aire se pegan en la vaselina y pueden ser distinguidas al microscopio con cien aumentos (100x). (Ver la sección 9, más adelante). Atrapar esporas puede ser poco práctico para el productor individual de papa.



La trampa para esporas se compone de un portaobjeto para microscopio cubierto con vaselina y colocado en una veleta

7. CONTROL

El control de tizón temprano incluye:

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

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

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

Para prevenir la infección de los tubérculos, el follaje infectado debe ser eliminado unos días antes de la cosecha y dejar los tubérculos en el suelo hasta que su cáscara esté madura y más resistente a los daños mecánicos.

Como el *A. solani* sobrevive en los desechos de la planta, todos los residuos infectados deben sacarse del campo después de la cosecha.

Aunque este patógeno es capaz de persistir de una campaña a otra, no pueden sobrevivir períodos más largos. Por ello, la rotación de cultivos puede ayudar a reducir la cantidad de inóculo en un campo.

Control químico. El tizón temprano puede ser controlado en forma efectiva mediante pocas aplicaciones de fungicidas, siempre que la aspersión se efectúe de conformidad con la esporulación secundaria. Las aplicaciones tempranas tienen poco efecto, y las aplicaciones continuas e indiscriminadas no mejoran los resultados, pero cuestan más. Los datos de la trampa para esporas dan una indicación buena de la actividad de los hongos y de la propagación secundaria de las esporas.

Los mismos fungicidas protectores empleados para el control de tizón tardío son, por lo general, efectivos contra el tizón temprano. En la actualidad se emplean con más frecuencia los ditiocarbamatos, (zineb,

maneb, captafol, clorothalonil y trifenil hidróxido de estaño). Hay que considerar que los fungicidas específicos para el control del tizón tardío (por ejemplo, el ridomil) pueden ser inefectivos para el tizón temprano.

Uso de variedades resistentes. Las variedades de papa muestran diferentes niveles de resistencia de campo, pero ninguna de ellas es inmune. La susceptibilidad está asociada con la maduración temprana. Las variedades tardías son generalmente menos afectadas. Debido a que la resistencia es el mejor medio de control, los programas de mejoramiento de variedades deben estudiar la resistencia de las variedades predominantes o de nuevos materiales de cruzamiento.

8. EVALUACION DE LA ENFERMEDAD

Se han propuesto numerosos métodos para comparar la resistencia de las variedades de papa, o la eficiencia de las medidas de control. Debido a que la incidencia de la enfermedad está relacionada con la condición fisiológica de un cultivo, se debería observar también la maduración de la planta.

Maduración de la planta. La maduración de la planta puede ser evaluada en determinada fecha o a intervalos regulares (cada semana) usando una escala de uno a cinco, en la cual:

- 1 = muy temprano, plantas maduras, y
- 5 = muy tardía, plantas verde y en floración.

Porcentaje de hojas infectadas. El número de folíolos infectados puede ser contado y relacionado con el número total de folíolos. El porcentaje de folíolos infectados también puede ser estimado visualmente en forma aproximada.

Magnitud y severidad de la lesión. Los tamaños de las lesiones y severidad pueden ser evaluados empleando una escala de uno a cinco, en la cual:

- 1 = lesiones muy pequeñas de las hojas (aprox. 1 mm),
- 2 = lesiones moderadas de las hojas,
- 3 = lesiones grandes de las hojas (aprox. 1 cm),
- 4 = lesiones de las hojas, más lesiones pequeñas de los tallos,
- 5 = lesiones de las hojas, más lesiones severas de los tallos.

Porcentaje de defoliación. Las apreciaciones visuales pueden ser expresadas como porcentaje del área foliar destruida, o basándose en una escala. Se usa con frecuencia una escala que va de 0 (daño no

visible) a 5 (destrucción total). El CIP utiliza un sistema de evaluación como éste para estimar el tizón tardío (*P. infestans*) el cual puede ser probado también para la evaluación del tizón temprano (ver Henfling, 1980, en "Lecturas adicionales").

9. LECTURAS ADICIONALES

1. DOUGLAS, D.R.; GROSKOPP, M.D. 1974. Control of early blight in eastern and south central Idaho. Amer. Potato J.51:361-368.
2. DOUGLAS, D.R.; PAVEK, J.J. 1972. Screening potato- esfor field resistance to early blight. Amer. Potato J. 49:1-6.
3. HARRISON, M.D.; LIVINGSTON, C.H.; OSHIMA, N. 1965. Epidemiology of potato early blight in Colorado. 1. Initial infection, disease development and the influence of environmental factors. Amer. Potato J.42:279-291.
4. HARRISON, M.D.; LIVINGSTON, C.H.; OSHIMA, N. 1965. Control of potato early blight in Colorado. I. Fungicidal spray schedules in relation to the epidemiology of the disease. Amer. Potato J.42:319-327.
5. HARRISON, M.D.; LIVINGSTON, C.H.; OSHIMA, N. 1965. Control of early blight in Colorado. II. Spore traps as a guide for initiating applications of fungicides. Amer. Potato J.42:333-360.
6. HENFLING, J.W. 1980. El tizón tardío de la papa; *Phytophthora infestans*. Boletín de Información Técnica 4. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 16 pp.
7. HOOKER, W.J. (ed). 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. pp. 49-9.4.
8. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1978. Control of important fungal diseases of potatoes. Planning Conference Report 15. International Potato Center, Lima, Perú. 184 pp.
9. LIVINGSTON, C.H.; HARRISON, M.D., C.H.; OSHIMA, N. 1963. A new type spore trap to measure numbers of air-borne fungus spores and their periods of deposition. Plant Disease Rept. 47:340-341.
10. LOHMAN, L.K.; HARRISON, M.D.; WORKMAN, M. 1981. Preharvest burning for control of tuber infection by *Alternaria solani*. Am. Potato J.58:593-599.
11. VENETTE, J.R.; HARRISON, M.D. 1973. Factors affecting infection of potato tubers by *Alternaria solani* in Colorado. Amer. Potato J.50:283-292.

LA PUDRICION BLANDA Y LA PIERNA NEGRA DE LA PAPA *Erwinia spp.*

John G. Elphinstone ⁷

1. INTRODUCCION

Las tres bacterias *Erwinia carotovora ssp. atroseptica* (Eca), *E. carotovora ssp. carotovora* (Ecc), y *E. chrysanthemi* (Echr), conocidas como las **erwinias de la pudrición blanda**, causan la **pudrición blanda** de los tubérculos de papa en el campo y en el almacén, y la pudrición o marchitez de los tallos - frecuentemente llamada **pierna negra** - en plantas de papa en crecimiento. Estos patógenos causan problemas en la producción de papa en todo el mundo. No existe un control químico práctico, aunque las medidas culturales pueden reducir el impacto de la enfermedad.

2. IMPORTANCIA ECONOMICA

Las erwinias de la pudrición blanda tienen una distribución climática que refleja la diversidad de sus hospedantes y de sus temperaturas de crecimiento. La Eca está principalmente restringida a climas **templados** y casi exclusivamente a la papa. La Echr afecta a una amplia diversidad de cultivos **tropicales** y **subtropicales**, incluyendo papa, muchas plantas ornamentales, maíz, arroz y piña. La Ecc ataca una amplia diversidad de plantas y se encuentra **tanto** en las zonas templadas **como** en las de clima tropical, causando la pudrición blanda de la papa y de muchas frutas y hortalizas.

No se cuenta con cifras precisas de las pérdidas causadas por la pudrición blanda y la pierna negra. Además, las pérdidas varían de país en país, y en ellas influyen el clima y las condiciones de crecimiento y almacenamiento.

Pudrición blanda de los tubérculos. La pudrición blanda de los tubérculos limita el almacenamiento de papa, especialmente en ambientes tropicales. En condiciones malas de manipuleo y almacenamiento, las pérdidas de poscosecha pueden alcanzar 100%. En operaciones grandes, las pérdidas han alcanzado millones de dólares durante una sola temporada de almacenamiento. Pérdidas similares

⁷ Científicos Centro Internacional de la Papa

pueden ocurrir durante los embarques de papa para consumo o para siembra. Las pérdidas en el mundo probablemente alcanzan cientos de millones de dólares al año.

En regiones cálidas, la pudrición blanda de los tubérculos-semillas antes de la emergencia puede ser seria, especialmente cuando no son suficientemente ventilados durante el almacenamiento o transporte.

Pierna negra. Bajo condiciones adecuadas para el cultivo de la papa, en muchas regiones templadas, la incidencia de la pierna negra es generalmente menor de 2 %. Pero aún ese porcentaje puede ser grave en la producción de tubérculos-semillas.

3. SINTOMAS

Según el ambiente, tanto Eca, como Ecc y Echr, producen diferentes tipos de síntomas:

En tubérculos - pudrición blanda
- infección latente

En tallos - pierna negra
- pudrición aérea

Pudrición blanda de los tubérculos. La pudrición blanda de los tubérculos se caracteriza por la maceración del tejido parenquimatoso, que termina en una pudrición húmeda y granulosa de color blanco o pardo. El olor desagradable que frecuentemente acompaña a la pudrición es causado por organismos secundarios, los cuales son particularmente activos a temperaturas 25 °C y superiores. La pudrición puede iniciarse en las lenticelas o heridas y propagarse rápidamente por el tubérculo. En condiciones secas, sin embargo, la pudrición se puede reducir a pequeñas partes secas, oscuras y hundidas. Si se siembran tubérculos-semillas enfermos, quedarán fallas (o vacíos) en los surcos, cuando los tubérculos se pudran antes de emerger.

La extensión de la pudrición desde los tallos a lo largo de los estolones, puede ocasionar la pudrición blanda de los nuevos tubérculos formados. Ocasionalmente todo el tubérculo se pudre pero, por lo general, la pudrición permanece restringida a una zona cónica de color oscuro en el extremo del estolón. Además, los tubérculos formados por plantas

aparentemente sanas se pueden pudrir en el suelo cuando las condiciones favorezcan la infección por erwinias de fuentes externas.

Infección latente del tubérculo. En muchos casos, al momento de la cosecha, los tubérculos aparentemente sanos están infectados latentemente. Tales tubérculos no muestran síntomas, pero llevan bacterias sobre la superficie, en el interior de lenticelas y heridas suberizadas, o en el sistema vascular. Más tarde, estas bacterias pueden infectar el tejido del tubérculo.

Pierna negra. Aunque la pudrición blanda y la pierna negra son generalmente descritas por separado, la pierna negra es frecuentemente una extensión de la pudrición blanda del tubérculo. Sin embargo, también ocurre en papas procedentes de semilla (sexual) donde el tubérculo-semilla no está presente.

En los brotes recientemente emergidos, la pierna negra origina plantas enanas, con hojas de color verde pálido o amarillo que se encrespan hacia arriba y se marchitan. La planta se muere rápidamente. Las plantas más viejas muestran lesiones negras o pardas en la base de los tallos. En tiempo seco, las hojas se vuelven cloróticas, el tallo se raja y el follaje se seca. Bajo condiciones húmedas, una pudrición negra y viscosa se extiende por la superficie del suelo y puede progresar rápidamente en el tallo. Las secciones transversales hechas por encima de las lesiones revelan una decoloración oscura del sistema vascular, y éste puede ser bloqueado por un depósito viscoso, causando la marchitez.

Las plantas afectadas aparecen al azar, o en grupos, donde el drenaje del suelo es deficiente. Muchas veces está afectado solamente un tallo por planta.

La pudrición aérea del tallo. La pudrición aérea del tallo (también llamada pudrición blanda del tallo) puede aparecer sobre tallos suculentos, o dañados, que son infectados por fuentes externas, encima de la superficie del suelo. Las lesiones acuosas y de color pardo se desarrollan y pueden extenderse por los pecíolos y de las venas hasta los folíolos. Conforme se propaga la pudrición, el follaje puede caerse.

4. CLASIFICACION

Las erwinias de la pudrición blanda pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, no forman esporas, son gram negativas, tienen

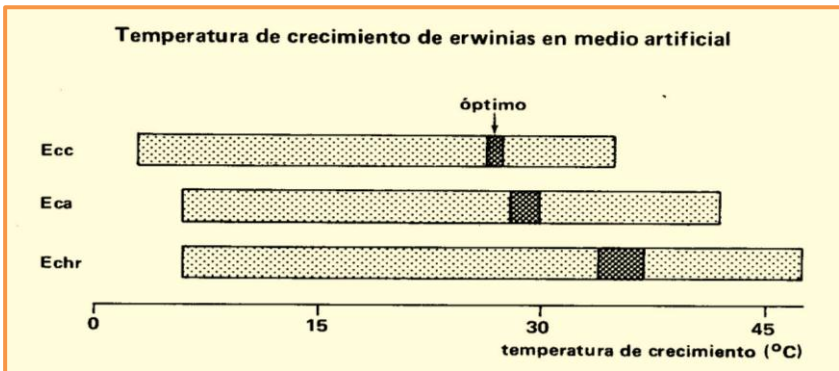
forma abastonada y son anaeróbicas facultativas. Todas tienen flagelos y un tamaño de 0,5-1,0 x 1,3-3,0 μm . Se diferencian de otros miembros de esta familia por su habilidad para producir grandes cantidades de enzimas pécticas, y para macerar el tejido parenquimatoso.

Los bacteriólogos las separan en especies y subespecies (ssp.) basándose principalmente en la temperatura necesaria para que crezcan en medio artificial, y en las propiedades bioquímicas características.

Los nombres científicos son frecuentemente abreviados:

Erwinia carotovora ssp. atroseptica = Eca
Erwinia carotovora ssp. carotovora = Ecc
Erwinia chrysanthemi = Echr

Para su identificación y clasificación también pueden ser utilizadas las técnicas serológicas. La mayoría de las razas (genotipos que pertenecen a la misma especie) de Eca pertenecen a uno de tres grupos serológicos. Las razas de Eca representan más de 40 grupos serológicos. Para Echr, han sido determinados cuatro grupos serológicos. (Para mayor información sobre la caracterización de las erwinias de la pudrición blanda, véase Cother & Sivasithamparam, 1983.)



Los bacteriólogos separan las erwinias de la pudrición blanda, basándose en la temperatura de crecimiento. La Eca está principalmente restringida a climas templados, la Ecc ataca plantas en las zonas templadas y en las de clima tropical, y la Echr afecta cultivos tropicales y subtropicales

5. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD

Cuando un cultivo se origina de tubérculos-semillas, la pierna negra está precedida de la pudrición blanda del tubérculo, aunque la pudrición blanda no necesariamente termina en pierna negra. No se conocen los mecanismos que inician la pierna negra, pero, en general, favorecen su incidencia los mismos factores que llevan a la pudrición blanda:

- Humedad,
- Temperatura.

Humedad. Una película de agua sobre la superficie del tubérculo provee condiciones anaeróbicas para el crecimiento rápido de las bacterias y es necesaria para la iniciación de la pudrición blanda. Así, una alta humedad del suelo favorece la enfermedad. También se incrementa la pudrición blanda cuando los tubérculos almacenados están húmedos, o cuando los tubérculos son almacenados bajo alta humedad relativa o bajo ventilación deficiente que favorezcan la condensación sobre la superficie del tubérculo.

Temperatura. La temperatura determina las especies de *Erwinia* involucradas y la velocidad de desarrollo de la enfermedad. En temperaturas bajas, la Eca predomina tanto en la pudrición blanda como en las enfermedades del tallo. Con el incremento de la temperatura se involucran la Ecc y la Echr.

Temperatura (°C)	15		20	25
Pudrición blanda	Eca	Eca/Ecc	Eca/Ecc/Echr	Ecc/Echr
Enfermedades del tallo	Eca	Eca	Eca/Ecc	Ecc/Echr

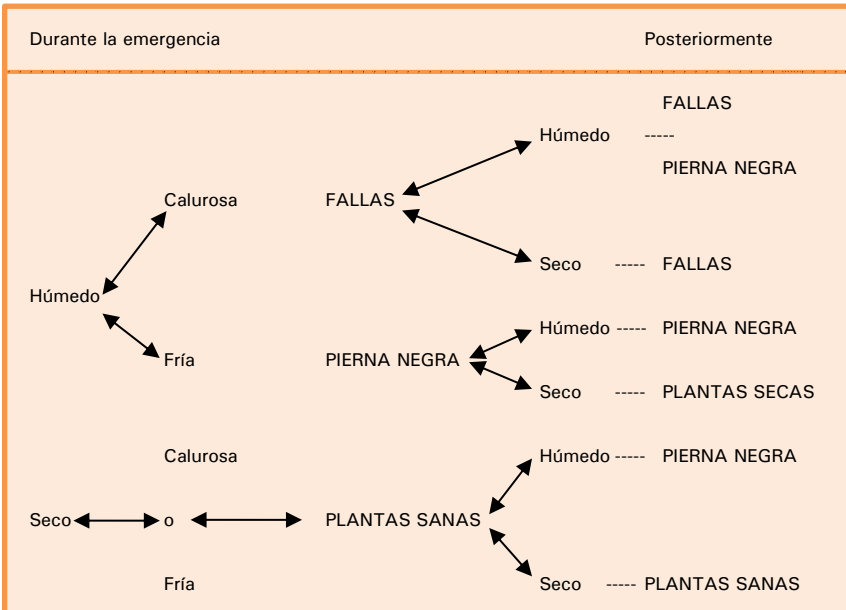
La interacción entre la humedad del suelo y la temperatura determina la incidencia de la enfermedad y la expresión de síntomas.

En **suelos húmedos**, las temperaturas calurosas **durante la emergencia** aceleran el desarrollo de la enfermedad. La pudrición de los tubérculos-semillas antes de que los brotes emerjan origina fallas. Si la temperatura inicial es fría (inferior a la óptima para el patógeno), los brotes pueden emerger y mostrar síntomas de pierna negra. **Posteriormente**, las condiciones húmedas o secas llevan a más pierna negra, o a plantas secas, respectivamente.

En **suelos secos durante la emergencia**, las plantas están sanas si la temperatura es calurosa o fría. Pero posteriormente puede aparecer pierna negra si los suelos se vuelven húmedos y, en cambio, las plantas permanecen sanas si los suelos continúan secos.

Otros factores. La incidencia tanto de la pudrición blanda como de la pierna negra está correlacionada con el número de bacterias latentes por tubérculo. Las plantas que crecen de tubérculos grandes desarrollan síntomas de pierna negra más frecuentemente que las que provienen de tubérculos pequeños. Sin embargo, las fallas en los surcos son más frecuentes cuando se usan tubérculos pequeños. Pueden favorecer la pudrición blanda los daños causados al tubérculo por: cosecha descuidada, manipuleo violento, insectos, nematodos, hongos, corte o fraccionamiento de tubérculos-semillas, desórdenes fisiológicos como heladas, recalentamiento o agrietamiento.

Interacción entre la humedad del suelo (húmedo/seco) y la temperatura (calurosa/fría):



La interacción entre la humedad del suelo y la temperatura determinada la incidencia de la enfermedad y la expresión de síntomas

6. EPIDEMIOLOGIA

Las erwinias de la pudrición blanda pueden diseminarse en el campo y en el almacén.

Propagación en el campo. Los tubérculos-semillas con infección latente son una fuente importante de inóculo. Frecuentemente se pudren y liberan bacterias que pasan al agua del suelo, en la cual se movilizan para contaminar los tubérculos nuevos.

Los informes sobre la supervivencia de las erwinias en el suelo son contradictorios. En zonas templadas, las bacterias pueden pasar el invierno sobre residuos vegetales, pero no se ha observado que sobrevivan cuando la papa entra en rotación con cultivos no hospedantes.

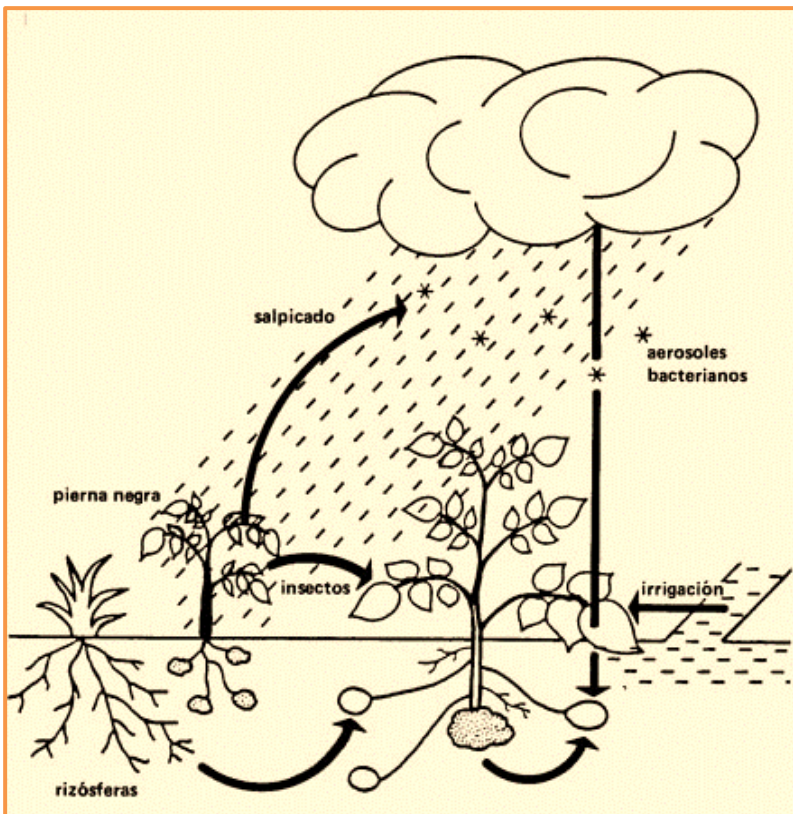
En climas más calurosos donde un cultivo de papa puede seguir a otro, o donde sólo se aplican ciclos cortos de rotación, las bacterias pasan fácilmente de un cultivo al siguiente, en especial cuando el suelo está drenado deficientemente.

Las plantas espontáneas de papa y las rizósferas de otros cultivos y de malas hierbas portan el inóculo. Las bacterias sobreviven también en lugares donde se desechan papas y hortalizas podridas.

Las bacterias pueden ser diseminadas en los campos por el agua de irrigación, insectos, lluvias y aerosoles bacterianos llevados por el viento (gotitas agua contaminadas con bacterias). En estas formas, las bacterias pueden alcanzar cultivos provenientes de esquejes o de tubérculos-semillas inicialmente libres de patógenos.

Bajo condiciones húmedas, las bacterias se multiplican en restos de hojas sobre la superficie del suelo, de donde son arrastradas por el agua para infectar los tubérculos nuevos.

Propagación en el almacén. Durante el almacenamiento, el manipuleo y la clasificación, las bacterias se propagan fácilmente de los tubérculos enfermos a los sanos. Los golpes y los cortes favorecen la infección -aún en ausencia de agua pues las heridas son puntos de entrada, supervivencia, y multiplicación de las bacterias. Los tubérculos que se pudren liberan bacterias, iniciando la pudrición de la región inferior de tubérculos almacenados.



Epidemiología. Las erwinias de la pudrición blanda pueden diseminarse en el campo y en el almacén

7. CONTROL

El control de la pudrición blanda y de la pierna negra es difícil porque los patógenos:

- Están frecuentemente protegidos dentro de las lenticelas suberizadas o del sistema vascular, y por lo tanto no son afectados por los desinfectantes líquidos;
- Están ampliamente dispersos en el medio ambiente, principalmente la *Ecc.*

A pesar de ello, la integración de las siguientes medidas de control puede reducir las pérdidas:

Sanidad de los tubérculos-semillas. Utilice material de siembra libre de erwinias, especialmente al comienzo de un programa de producción de tubérculos-semillas. La semilla (sexual) está por lo general libre de contaminación, lo mismo que los esquejes y las plántulas micropropagadas de material parental libre de erwinias. Recuerde que estos materiales de siembra se pueden contaminar fácilmente durante su multiplicación en el campo.

Rotación de cultivos. Rote con plantas no hospedantes para prevenir, o al menos reducir, la incidencia de las bacterias en el suelo.

Drenaje. Siembre en suelos bien drenados. Riegue adecuadamente; el riego por aspersión es preferible al riego por inundación o por surcos, ya que éstos pueden propiciar la acumulación del agua excedente.

Descarte y certificación de semilla. Elimine plantas y tubérculos enfermos para reducir las fuentes de infección. La certificación de semilla garantiza que cultivos severamente infectados no sean utilizados para producir tubérculos-semillas.

Cosecha temprana. Tan pronto como sea posible, coseche la papa para sembrar a fin de reducir la exposición a los patógenos. Destruya los tallos químicamente, no mecánicamente, para evitar la producción de aerosoles bacterianos y la diseminación de los patógenos.

Cuidados en el manipuleo. Durante la cosecha y el manipuleo posterior evite dañar los tubérculos.

Cuidados en el almacenamiento. Antes de almacenamiento, seque los tubérculos tan rápidamente como sea posible. La ventilación forzada en el almacén ayuda a prevenir la formación de agua sobre la superficie de los tubérculos. Evite fluctuaciones de temperatura, a fin de reducir la condensación. La papa almacenada bajo luz difusa es más resistente a la pudrición blanda que la papa almacenada en la oscuridad.

Se puede determinar el **potencial de pudrición blanda** de tubérculos recientemente cosechados de la siguiente manera:

- Tome al azar muestras de 25 tubérculos. Pruebe 5 o más muestras según la cantidad de tubérculos para analizar.
- Incube los tubérculos durante 4 días a 20-25 °C y 100 % de humedad relativa, en una cámara húmeda, o envolviéndolos en toallas de papel humedecido y depositándolos en bolsas de plástico.

El número de tubérculos podridos en una muestra de 25 y el peso de tejido podrido por tubérculo indican el riesgo de desarrollo de la pudrición blanda durante el almacenamiento.

Higiene general de la finca. Para reducir las fuentes de inóculo:

- Remueva las papas podridas del campo;
- Desinfecte almacenes, cajas y maquinaria;
- Controle las malas hierbas;
- Elimine las plantas espontáneas;
- Use agua de pozos profundos si el agua de la superficie está infestada.

8. RESISTENCIA

La resistencia

- De los tubérculos a la pudrición blanda, y,
- De los tallos a la pierna negra.

Es probablemente controlada por diferentes mecanismos que no siempre están correlacionados. Existen procedimientos estandarizados de prueba para ambas enfermedades.

Resistencia a la pudrición blanda del tubérculo. La resistencia puede ser evaluada de la siguiente manera:

- Inyecte con una microjeringa 0,01 ml (0,01 cm³)⁸ de suspensión bacteriana al tubérculo a una profundidad de 5 mm,
- Selle el sitio de inoculación con vaselina e incube el tubérculo durante 4 a 6 días en una atmósfera anaeróbica, como se describe en la sección 7,
- Mida el diámetro de la lesión o el peso del tejido descompuesto.

Variando las concentraciones del inóculo, se puede calcular la ED₅₀ (concentración bacteriana necesaria para provocar la pudrición en 50 % de la muestra de tubérculos).

Cuando se determinan los niveles de resistencia, también se puede comparar el potencial de pudrición blanda de diferentes genotipos. Para ello:

- Sumerja las muestras de tubérculos en suspensiones bacterianas estándar (por lo general 10⁶ células por cm³) y determine su potencial de pudrición blanda, como se describe en la sección 7;
- Cuente el número de tubérculos podridos y mida el peso del tejido descompuesto por tubérculo.

Note que este método también toma en cuenta los mecanismos de resistencia asociados con el periderma, mientras el anterior muestra solamente la resistencia de tejido parenquimatoso. Por lo tanto, puede ser que no exista correlación entre los dos métodos.

También note que la resistencia a la pudrición blanda aumenta y el potencial de la pudrición blanda disminuye con la duración del almacenamiento. Por lo tanto, compare sus genotipos utilizando tubérculos de la misma edad fisiológica, de preferencia inmediatamente después de la cosecha.

⁸ En el Sistema Internacional de Unidades, 1 ml = 1 cm³

Resistencia a la pierna negra. La resistencia a la pierna negra puede ser estimada por dos métodos:

1. Inyecte bacterias directamente en los tallos al nivel del primer nudo foliar, ya sea en suspensiones de diferentes concentraciones aplicadas con una microjeringa, o como colonias bacterianas en palillos de dientes, de madera, que hayan sido esterilizados y que deben permanecer insertados en el tallo durante la prueba.

Este método no toma en cuenta los mecanismos de resistencia asociados con el tubérculo-semilla o con la base del tallo. Además, la sensibilidad de la prueba es baja.

2. Sumerja, o infiltre al vacío, los tubérculos-semillas en una suspensión de bacterias, o púncelos con palillos de dientes, previamente infestados. Siembre los tubérculos en experimentos de campo.

Los experimentos de campo demandan mucho espacio, y los resultados varían con la fluctuación del clima. Se puede esperar buenos resultados cuando se mantiene una humedad alta en el suelo, mediante riego.

Han sido identificados diversos grados de resistencia a la pudrición blanda y a la pierna negra en el germoplasma del CIP, incluyendo algunas variedades nativas comúnmente cultivadas en el Perú. Cuatro clones han sido clasificados como inmunes a la pudrición blanda causada por la *Echr*, y tres como resistentes a la pudrición blanda causada por las tres erwinias. Similarmente, ha sido demostrada la resistencia a la pudrición blanda, causada por la *Ecc* y la *Eca*, de algunos clones de papa nativa chilena.

Los bacteriólogos han encontrado que aún la reducida base genética de cultivares modernos presenta cierto grado de resistencia a las erwinias. Los cultivares europeos y norteamericanos varían en su susceptibilidad tanto a la pudrición blanda como a la pierna negra.

No han sido determinadas aún fuentes de inmunidad a la pierna negra.

9. LECTURAS ADICIONALES

1. ALECK, J.R.; HARRISON, M.D. 1978. The influence of inoculum density and environment on the development of potato blackleg. *American Potato Journal* 55:479-494.
2. HIDALGO, O.A.; ECHANDI, E. 1982. Evaluation of potato clones for resistance to tuber and stem rot induced by *Erwinia chrysanthemi*. *American Potato Journal* 59:585-592.
3. COTHER, E.J.; SIVASTHAMPARAM, K. 1983. *Erwinia*: The "Carotovora" group. In: Fahy, P.C., Persley, G.J. (eds.) *Plant bacterial diseases. A diagnostic guide*. Academic Press, New York. pp. 87-106.
4. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1979. Development in the control of bacterial diseases of potatoes. Planning Conference Report 18. International Potato Center, Lima, Perú. pp 88-93.
5. GRAHAM, D.C., HARRINSON, M.D. (eds.) 1986. Report of the International Conference on Potato Blackleg Disease, 1985. Potato Marketing Board, Oxford, U.K. 95 pp.
6. HOOKER, W.J. (ed.). 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de Papa, Lima, Perú. pp. 37-40.
7. LAPWOOD, D.H.; GANS, P.T. 1984. A method for assessing the field susceptibility of potato cultivars to blackleg (*Erwinia carotovora ssp. atroseptica*). *Annals of Applied Biology* 104:315-320.
8. LUND, B.M. 1979. Bacterial soft rot of potatoes. In: Lovelock, D.W.; Davies, R. (eds.). *Plant Pathogens*. Society of Applied Bacteriology Technical Series No.12 Academic Press, New York. pp. 14-49.
9. MATHER, E.A.; DE BOER, S.H.; KELMAN, A. 1986. Serogroups of *Erwinia carotovora* involved in systemic infection of potato plants and infestation of progeny tubers. *American Potato Journal* 63:1-11.
10. PEROMBELON, M.C.M.; KELMAN, A. 1980. Ecology of the soft rot erwinias. *Annual Review of Phytopathology* 18:361-387.
11. PEROMBELON, M.C.M.; KELMAN, A. 1987. Blackleg and other potato diseases caused by soft rot erwinias; proposal of revision of terminology. *Plant disease* 71:283-285.

LA MARCHITEZ BACTERIANA DE LA PAPA

Pseudomonas solanacearum

Carlos Martín; Edward R. French⁹

1. INTRODUCCION

La marchitez bacteriana limita la producción de la papa, especialmente la destinada a semilla, en el mundo entero. No existen medidas de control químico que sean a la vez efectivas y prácticas. Sin embargo, otros componentes de control integrado pueden ser efectivos. Un requisito para el correcto manejo de la enfermedad es el conocimiento del organismo causal y de su acción.

2. IMPORTANCIA DE LA MARCHITEZ BACTERIANA

Pseudomonas solanacearum afecta más de 30 familias de plantas tanto cultivadas como silvestres. Entre los cultivos más susceptibles se encuentran la papa, el tabaco, el tomate, la berenjena, el ají, el pimiento y el maní. Limita el cultivo de papa en Asia, África, América Central y América del Sur donde ocasiona severas pérdidas en los cultivos en las regiones de climas tropicales, subtropicales y templados. También puede ocurrir en climas más fríos como en altitudes relativamente grandes en la zona tórrida o en latitudes mayores.

Las medidas de cuarentena que son necesarias para evitar la dice-minación de la enfermedad a áreas libres de ésta a menudo restringen la producción de semilla de papa y limitan la comercialización de la papa de consumo, perjudicando así la economía de la región cuarentenada.

3. SINTOMAS

Pseudomonas solanacearum causa síntomas tanto en los órganos aéreos como en los subterráneos de la planta de papa.

Síntomas aéreos. En las partes aéreas de la planta, los síntomas son el marchitamiento, el enanismo y el amarillamiento del follaje. El marchitamiento causado por *P. solanacearum* es parecido al que es causado por falta de agua, por otros patógenos como *Fusarium* o *Verticillium spp.*, por un daño mecánico, o al producido por insectos en la base del tallo.

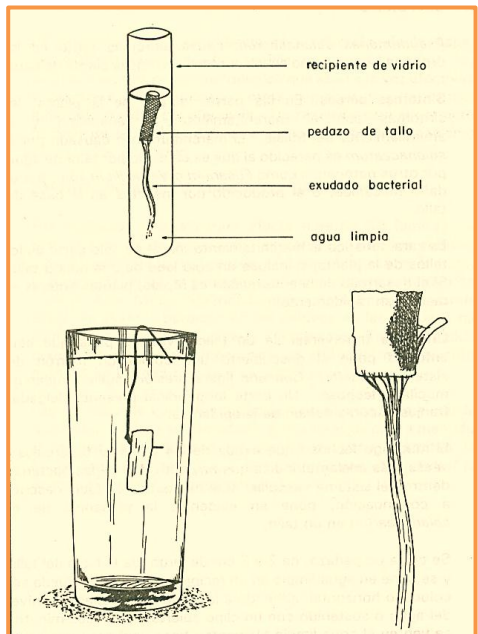
⁹Científicos Centro Internacional de la Papa

Es característico el marchitamiento inicial de sólo parte de los tallos de la planta, o incluso un solo lado de una hoja o tallo. Si el desarrollo de la enfermedad es rápido, plantas enteras se marchitan rápidamente.

Un corte transversal de un tallo joven de papa que esté enfermo pone al descubierto una coloración marrón del sistema vascular. Con una ligera presión, suele exudar un mucílago lechoso. Un corte longitudinal presenta delgadas franjas oscuras debajo de la epidermis.

El mucílago lechoso que exuda de los tallos (y tubérculos - véase más adelante) indica que hay actividad de las bacterias dentro del sistema vascular. Una demostración fácil, descrita a continuación, pone en evidencia la presencia de *P. solanacearum* en un tallo.

Se corta un pedazo, de 2 a 3 cm de largo, de la base del tallo y se pone en agua limpia en un recipiente de vidrio. Puede ser colocado horizontal, adherido a la pared del recipiente al nivel del agua o sostenido con un clip abierto. En pocos minutos se ven en el agua limpia filamentos finos, lechosos que salen de uno o ambos extremos del tallo cortado.



Se corta un pedazo, de 2 a 3 cm de largo, de la base del tallo y se pone en agua limpia en un recipiente de vidrio. En pocos minutos se ven filamentos finos, lechosos, que salen de los cortes del tallo

Síntomas subterráneos. En los tubérculos infectados no siempre son visibles los síntomas externos. En el caso de infecciones severas, sin embargo, el exudado bacteriano se aglutina en los ojos o en la cicatriz del estolón de los tubérculos y hace que la tierra se quede adherida a ellos.

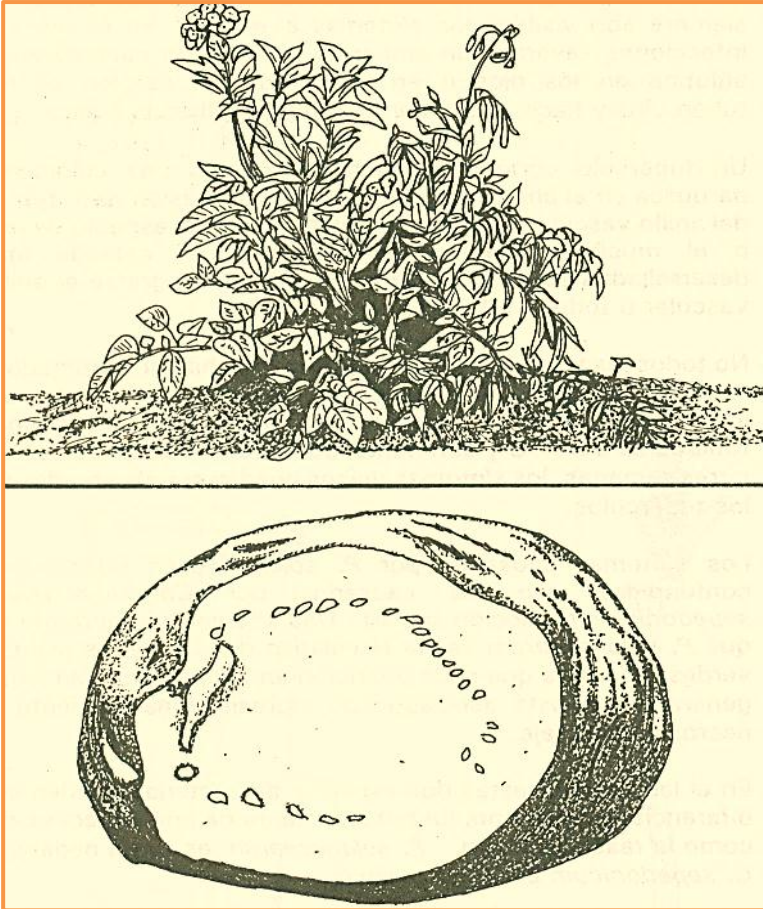
Un tubérculo cortado presenta a menudo una coloración parduzca en el anillo vascular. Una ligera presión hace brotar del anillo vascular el mucílago típico, que tiene aspecto de pus o el mucílago mana naturalmente. En estados más desarrollados de la enfermedad puede desintegrarse el anillo vascular o todo el tubérculo.

No todos los tubérculos de una planta marchita son afectados, ni todos los tubérculos afectados presentan síntomas. Las infecciones latentes pueden ser detectadas al incubar tubérculos a 30 °C y con humedad elevada. Después de dos o tres semanas, los síntomas típicos pueden ser observados en los tubérculos.

Los síntomas causados por *P. solanacearum* pueden ser confundidos con los causados por *Corynebacterium sepedonicum* (pudrición anular). Una diferencia importante es que *P. solanacearum* causa el colapso directo de las plantas verdes, mientras que en la pudrición anular el marchitamiento generalmente está asociado con clorosis, amarillamiento y necrosis del follaje.

En el laboratorio, estas dos especies de bacterias pueden ser diferenciados mediante un procedimiento de tinción, conocido como la reacción Gram. *P. solanacearum* es Gram negativa, *C. sepedonicum* es Gram positiva.

Se puede hacer otra prueba diferencial y rápida con el exudado o las bacterias cultivadas: Se colocan dos gotas de solución al 3% de KOH (hidróxido de potasio) sobre un portaobjetos. Luego, las bacterias son transferidas a las gotas con un palillo de dientes y son mezcladas mediante movimientos circulares y rápidos durante 5 a 15 segundos. La formación de un hilo lechoso al levantar el palillo de dientes indica la presencia de *P. solanacearum*. Si se trata de *C. sepedonicum*, no se forma el hilo.



Pseudomonas solanacearum causa dos tipos de síntomas: en la parte aérea, el marchitamiento inicial de sólo partes de la planta es característico (arriba); en la parte subterránea, la tierra se adhiere al exudado bacteriano en los ojos del tubérculo o en la cicatriz del estolón. Un tubérculo cortado presenta a menudo una coloración parduzca en el anillo vascular. Una ligera presión hace brotar del anillo vascular el mucílago típico, que tiene aspecto de pus, o el mucílago mana naturalmente. El anillo vascular y, más tarde, todo el tubérculo puede desintegrarse (abajo)

4. ORGANISMO CAUSAL

Pseudomonas solanacearum es una bacteria aerobia, abastionada y Gram negativa que generalmente es inmóvil.

Su gran variación ha llevado a dos sistemas de clasificación: el sistema de razas y el sistema de biotipos.

Sistema de razas. Basándose en la gama de hospedantes en condiciones de campo, se pueden distinguir cuatro razas:

La raza 1 afecta a una gran variedad de especies de plantas como la **papa**, el tomate, la berenjena, el tabaco, el ají, el maní y varias malezas. Es común en climas cálidos y en regiones bajas de la zona tórrida.

La raza 2 afecta a las plantas musáceas como banano, plátano, abacá y *Heliconia spp.* (platanillo).

La raza 3 afecta principalmente a la **papa**. En contraste con la raza 1, es más común en altitudes o latitudes mayores.

La raza 4 afecta a la morera (en la China).

Sistema de biotipos. En pruebas bioquímicas especializadas, se pueden diferenciar cinco biotipos (de I a V). El biotipo II coincide con la raza 3, el biotipo V con la raza 4 y los biotipos I, III y IV están en la raza 1.

Los patovares o variantes son independientes de toda diferenciación de raza o biotipo. Un patovar puede afectar a un hospedero o a una variedad de papa en un lugar, pero puede ser que otro patovar en un lugar diferente no lo afecte.

5. EPIDEMIOLOGIA

El marchitamiento, el síntoma más obvio en el campo, es posiblemente un resultado de un movimiento restringido de agua debido a la formación de un mucílago alrededor de las masas de bacterias en los vasos de xilema del tallo. La marchitez bacteriana puede provenir de dos fuentes de inóculo:

- tubérculos-semillas infectados,
- suelo infestado.

Tubérculos-semillas infectados. Los tubérculos-semillas infectados constituyen la fuente más común de inóculo. Especialmente ocasionan problemas las infecciones latentes. Puede ocurrir que tubérculos-semillas producidos en climas fríos, como en altitudes superiores a 2 500 m en la zona tórrida, no presenten síntomas. Sin embargo, cuando se siembran en lugares cálidos, el desarrollo de la enfermedad puede ser severo. *P. solanacearum* puede ser transmitida a lugares distantes por medio de tubérculos-semillas infectados.

Suelo infestado. *P. solanacearum* es nativa de muchos suelos de la zona tórrida. La supervivencia de la bacteria está afectada por la temperatura, la humedad y otros factores físicos y químicos del suelo. En ciertos suelos, *P. solanacearum* puede sobrevivir durante muchos años; en otros, la bacteria puede desaparecer de una temporada de cultivo a otra.

La sobrevivencia depende también de la raza involucrada. La raza 1, por sus numerosos hospedantes, persiste normalmente durante muchos años mientras que la raza 3 tiende a declinar en pocos años, cuando no hay plantas espontáneas de papa que contribuyan a mantener el inóculo.

Localmente, la enfermedad puede ser diseminada por el agua de riego y por el suelo adherido a zapatos y herramientas.

La infección ocurre generalmente a través del sistema radicular. El patógeno entra por heridas producidas en la labranza o al brotar las raíces secundarias. El nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne spp.*) y otros nematodos también facilitan la penetración de la bacteria al lesionar las raíces.

P. solanacearum puede propagarse de raíz en raíz durante la formación de raíces secundarias. Una vez que la bacteria entra a las raíces, se multiplica y se moviliza a través de la planta por los vasos del xilema en el tallo y los pecíolos.

El desarrollo de la enfermedad depende principalmente de la temperatura. La temperatura alta estimula el desarrollo de la marchitez bacteriana y la población bacteriana se reduce en suelo fríos. La mejor temperatura para el cultivo bacteriano in vitro es aproximadamente 30 °C. En el campo, los síntomas de la enfermedad aparecen generalmente cuando la temperatura diurna es superior a 20 °C y la temperatura promedio del suelo mayor de 14 °C.

La humedad alta del suelo estimula la supervivencia, el estado infeccioso, el desarrollo de la enfermedad y la propagación de la bacteria. El secado periódico, o la inundación como en los campos de arroz, reducen la viabilidad de la bacteria y la incidencia de la enfermedad.

6. CONTROL

El control de *P. solanacearum* es difícil debido a su amplia gama de hospedantes, su sobrevivencia en el suelo y su variación biológica. Una combinación integrada de medidas de control es lo más apropiado. Los siguientes componentes de control deben ser considerados.

Resistencia. Para el agricultor, la utilización de variedades resistentes es el componente más práctico de control. (Véase la sección 7).

Salud de los tubérculos-semillas. Deben utilizarse sólo tubérculos-semillas libres de la enfermedad. Para asegurar que estén libre de infección latente, los tubérculos-semillas deben provenir de áreas donde no ocurra la enfermedad.

Rotación de cultivos. La rotación de cultivos con plantas no hospedantes reduce el potencial de inóculo en el suelo. Hay que considerar que las plantas espontáneas de papa y las malezas, especialmente de la familia de las Solanáceas, son hospedantes de *P. solanacearum*. Debido a la amplia gama de hospedantes, la rotación de cultivos puede no ser la medida más práctica allí donde predomina la raza 1.

Manejo agronómico. Durante la labranza, evítense las lesiones en raíces y estolones. Se ha observado que la incidencia de la enfermedad se reduce con una labranza mínima **durante** la temporada de cultivo. En suelos poco profundos, por el contrario, una labranza frecuente **entre** las temporadas de cultivo puede reducir el inóculo.

Control de nematodos. Para reducir la interacción entre los nematodos y la enfermedad, se debe hacer un control de nematodos, especialmente de *Meloidogyne spp.*

Control químico. El control químico no es posible en la actualidad.

Cuarentena. Una vez que la enfermedad haya sido descubierta en un área, el transporte de semilla de papa de esa área debe ser suprimido.

7. RESISTENCIA

La resistencia a *P. solanacearum*, desarrollada a la fecha en papa, proviene principalmente de *Solanum phureja* y es controlada por unos pocos genes. Raramente se expresa como inmunidad puesto que es vencida por niveles crecientes de los factores que favorecen esta enfermedad: temperatura, humedad de suelo, daño al sistema radicular, etc. De esta manera, resistencia puede significar que se infecte un número menor de plantas.

La resistencia no es general sino específica a patovares. Un patovar de un lugar puede vencer la resistencia efectiva en otro lugar. Más de un patovar puede estar presente en un campo dado.

Como la expresión de resistencia es específica a un patovar y al medio ambiente, la evaluación local es una fase fundamental en el desarrollo de variedades resistentes.

El nivel aceptable de resistencia depende del uso de la papa producida. Cuando su uso es de consumo, cierto porcentaje de infección puede ser tolerado. Pero en la producción de semilla, es preferible no tolerar nada de marchitez bacteriana, porque unos cuantos tubérculos-semillas infectados pueden diseminar la enfermedad sobre un área grande.

Un objetivo prioritario del CIP es el desarrollo de clones resistentes. El programa de mejoramiento del CIP está también orientado hacia el desarrollo de estabilidad de la resistencia a la marchitez bacteriana bajo condiciones tórridas y con infestación por nematodos.

El CIP puede suministrar diferentes tipos de germoplasma: familias de tubérculos, clones seleccionados y clones avanzados.

Familias de tubérculos. A pesar de que una familia de tubérculos proviene del mismo cruzamiento, cada tubérculo resultante es un clon genéticamente diferente. Cada clon pudiera ser primero multiplicado y luego evaluado en el campo intercalado con plantas susceptibles.

Clones seleccionados. Los clones seleccionados provienen de familias de tubérculos que ya fueron sometidas a la prueba de resistencia. Pueden estar disponibles en juegos de cinco tubérculos por clon. Pueden seguir siendo evaluados en un diseño de parcela única o diseño experimental completamente al azar.

Clones avanzados. Los clones avanzados han pasado por varios ciclos de pruebas y sus características agronómicas han sido evaluadas. Pueden seguir siendo probados en un diseño bloque completamente al azar.

Para evaluar la resistencia, generalmente es posible establecer las diferencias basándose en el número de plantas que se marchitan durante la temporada entera (véase French, 1982). Para diferencias más detalladas, el grado de marchitamiento de cada planta en un momento dado puede ser evaluado con la siguiente escala:

Estado de la planta	Puntaje
Planta saludable	1
Marchitamiento de una hoja	2
Una tercera parte de la planta está marchita	3
Dos terceras partes de la planta están marchitas	4
La planta entera está marchita o muerta	5

8. LECTURAS ADICIONALES

1. BUDDENHAGEN, I.W.; KELMAN, A. 1964. Biological and physiological aspects of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* Ann. Rev. Phytopathology 2:203-230.
2. FRENCH, E.R. 1982. Evaluación de campo para clones del CIP mejorados por resistencia a marchitez bacteriana. Serie de Evaluación de Tecnología N° 2. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú, 9 pp.
3. HAYWARD, A.C. 1964. Characteristics of *Pseudomonas solanacearum* J. Appl. Bact. 27:265-277.
4. HE, L.Y.; SEQUEIRA, L.; KELMAN, A. 1983. Characteristics of strains of *Pseudomonas solanacearum* from China. Plant Disease 67:1357-1361.
5. HOOKER, W. (ed). 1980. Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 40-42.
6. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1979. Developments in the control of bacterial diseases of potatoes. Planning Conference Report 18. International Potato Center, Lima, Perú. 137 pp.
7. SUSLOW, T.V.; SCHROTH, M.N.; ISAKA, M. 1982. Application of a rapid method for gram differentiation of plant pathogenic and saprophytic bacteria without staining. Phytopathology 72:917-918.
8. THURSTON, H.D. 1983. Bacterial wilt of potatoes in Colombia. Am. Potato J. 40:381-390.

EL VIRUS DEL ENROLLAMIENTO DE LA HOJA DE LA PAPA PLRV

Upali Jayasinghe¹⁰

1. INTRODUCCION

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) causa una de las más importantes enfermedades viróticas de la papa. Las pérdidas pueden llegar al 90 %. El PLRV afecta al follaje y algunas veces a los tubérculos. El virus se localiza en los tejidos del floema, donde causa una necrosis y formación anormal de un carbohidrato llamado calosa, el cual bloquea el transporte del almidón de las hojas hacia los tubérculos. En la naturaleza, el PLRV es transmitido por tubérculos infectados e insectos vectores. Las plantas infectadas por PLRV no pueden ser curadas con tratamientos químicos. Las medidas preventivas incluyen el uso de tubérculos-semillas sanos, la eliminación de las fuentes de infección, el control de vectores, y la utilización de la resistencia al PLRV.

2. IMPORTANCIA

El virus del enrollamiento de la hoja de la papa (PLRV) causa una de las más importantes enfermedades viróticas del cultivo. La enfermedad afecta el rendimiento y la calidad de los tubérculos. También complica el intercambio del material vegetal, debido a las disposiciones de certificación y cuarentena.

Rendimiento. Las pérdidas en rendimiento son difíciles de cuantificar, pero pueden llegar al 90 %. La pérdida del rendimiento en porcentaje puede ser casi tan alta como el porcentaje de plantas visiblemente infectadas.

Las plantas de papa que están latentemente infectadas con PLRV, no muestran síntomas y pueden producir tanto como las plantas sanas. Sin embargo, las pérdidas pueden ser altas cuando las plantas resultan simultáneamente infectadas con otros virus.

¹⁰Científico Centro Internacional de la Papa

Calidad. Las plantas infectadas producen frecuentemente tubérculos pequeños, los cuales pueden no ser comerciables. El síntoma de "necrosis reticulada", que aparece en los tubérculos de ciertas variedades, también reduce el valor comercial.

Certificación y disposiciones cuarentenarias. Los tubérculos de campos semilleros, que según las disposiciones de certificación de semilla exceden ciertos niveles de infección, no pueden ser utilizados para sembrar y deben venderse para el consumo a un precio inferior. El PLRV también complica el intercambio de material genético para el mejoramiento y para fines de investigación.

3. SINTOMAS

El PLRV afecta al follaje y algunas veces a los tubérculos. La severidad de los síntomas depende de la variedad y del ambiente. Ciertas variedades no manifiestan síntomas y por lo tanto es imposible detectar visualmente el PLRV.

En el campo es difícil distinguir el enrollamiento causado por el PLRV del enrollamiento causado por otros factores. Como el enrollamiento es el resultado de trastornos del sistema de transporte en el floema, cualquier otro factor que tenga la misma causa también resultada en enrollamiento.

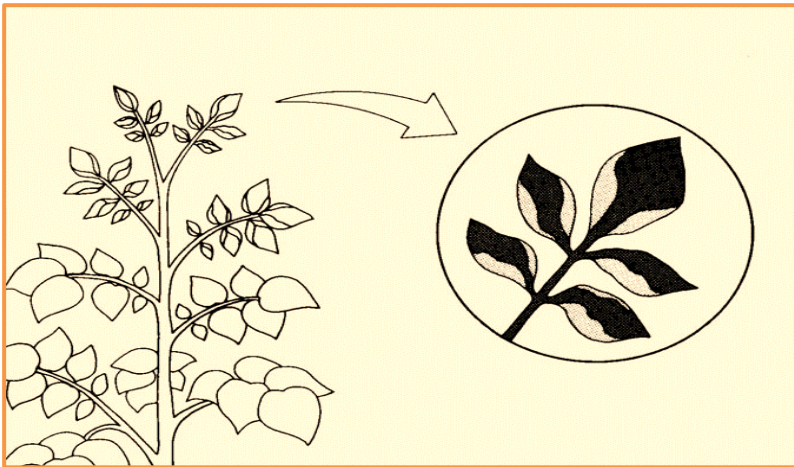
En un campo de tubérculo-semilla de papa, debido al intenso descarte en temporadas anteriores, se espera que solamente pocas plantas muestren enrollamiento causado por el PLRV. Las plantas infectadas aparecen dispersas. Las plantas con infecciones causadas por otros factores pueden estar restringidas a ciertas áreas. El enrollamiento está acompañado de síntomas adicionales característicos de la enfermedad correspondiente, tal como el cancro del tallo causado por *Rhizoctonia*, o los tubérculos aéreos causados por el micoplasma de la punta morada.

Algunos síntomas de PLRV pueden ser observados a simple vista; otros sólo pueden ser vistos mediante un microscopio (ver sección 5, "Tinción de calosa").

Algunas variedades alemanas, tales como Apta, Bismark y Carla, y ciertas especies silvestres de *Solanum*, tales como *S. raphanifolium*, *S. fendleri*, *S. berthaultii*, reaccionan al PLRV con hipersensibilidad. La infección con PLRV causa una necrosis severa del floema acompañada por síntomas foliares. Los tubérculos, por lo general, no germinan.

Los síntomas descritos a continuación son típicos para *Solanum tuberosum ssp. tuberosum*, la subespecie de papa cultivada más ampliamente.

Síntomas en el follaje. Las plantas que resultan infectadas en la temporada de cultivo en curso muestran los llamados síntomas primarios. Se inician en las hojas apicales con enrollamiento, crecimiento erecto y clorosis. En ciertas variedades, el enrollamiento puede permanecer restringido a la base de los folíolos. Conforme la enfermedad progresa, el enrollamiento puede extenderse a las hojas más viejas. La aparición y severidad de los síntomas primarios están relacionadas con el momento de la infección. Las infecciones tardías pueden permanecer latentes y dificultar el reconocimiento de la enfermedad.



Las plantas que resultan infectadas en la temporada de cultivo en curso muestran los llamados síntomas primarios

Los síntomas que aparecen en plantas desarrolladas de tubérculos infectados se llaman síntomas secundarios. Las plantas presentan un crecimiento reducido y erecto. Las hojas inferiores se enrollan severamente, se vuelven rígidas, toman una textura parecida al cuero y producen un sonido semejante al de un papel cuando es estrujado. Las hojas más jóvenes son pálidas, y el enrollamiento es menos severo que en el caso de los síntomas primarios.



Los síntomas que aparecen en plantas desarrolladas de tubérculos infectados se llaman síntomas secundarios

En *S. tuberosum ssp. andigena*, cultivada en los Andes, los síntomas foliares son diferentes. Las plantas de la *ssp. andigena* presentan un crecimiento marcadamente reducido y erecto. Los folíolos se reducen en tamaño y presentan clorosis marginal y entre las nervaduras. El enrollamiento es leve o no existe. En América del Sur el síndrome es llamado "enanismo amarillo" (yellow dwarf). Los híbridos entre la *ssp tuberosum* y la *ssp. andigena* presentan con frecuencia el enrollamiento combinado con clorosis marginal e internerval, así como también enanismo.

Síntomas en los tubérculos. La mayoría de las variedades de papa no muestran síntomas en los tubérculos. Solamente ciertas variedades norteamericanas como Russet Burbank y Green Mountain desarrollan una decoloración necrótica parduzca, necrosis reticulada, en las células del floema de los tubérculos. La necrosis reticulada aparece después de las infecciones primarias o secundarias y se hace más evidente en los tubérculos de mayor tamaño. Los tubérculos-semillas afectados con necrosis reticulada producen siempre plantas con síntomas de enrollamiento.

4. AGENTE CAUSAL

El PLRV consiste en partículas esféricas con un diámetro de 24 nm (0,000 024 mm). Los virólogos han identificado aislamientos que inducen síntomas de severidad cultivares en variedades de papa y en la planta indicadora *Physalis floridana*, pero los aislamientos no pueden diferenciarse fácilmente por serología o por la especificidad del vector.

El virus se localiza en los tejidos del floema, donde causa una necrosis y formación anormal de un carbohidrato llamado calosa, el cual bloquea el transporte del almidón de las hojas hacia los tubérculos.

En los Estados Unidos el "beet western yellow virus" (BWYV), un virus similar al PLRV, presenta los síntomas típicos de enrollamiento en papa. Sin embargo, este virus no infecta a la papa en Canadá, Australia y Nueva Zelanda. También los síntomas de BWYV en *P. floridana* y la transmisión por el vector *Myzus persicae* son similares. La serología es el único método confiable para distinguir el PLRV del BWYV.

5. TRANSMISION

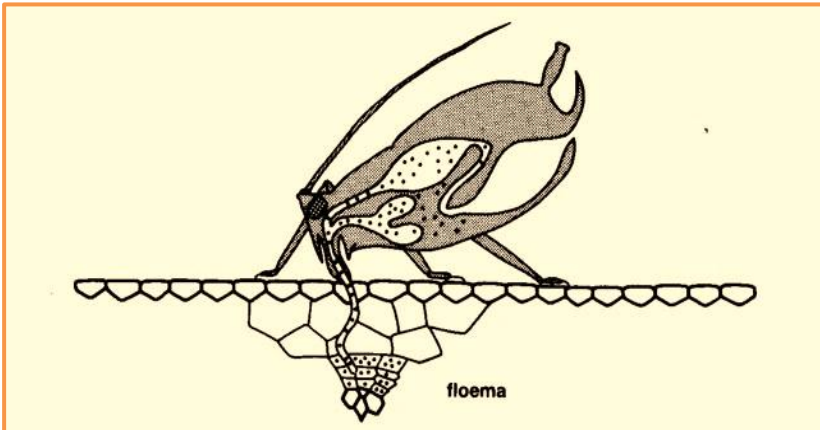
En la naturaleza, el PLRV es transmitido por tubérculos infectados e insectos vectores. Experimentalmente, el PLRV puede ser también transmitido por injertos.

El PLRV no es transmitido en la semilla (sexual); tampoco es transmitido mecánicamente, y por lo tanto no existe peligro de contaminación por herramientas, o por el contacto entre las plantas.

Tubérculos infectados. Las plantas enfermas producen generalmente tubérculos enfermos. Si estos tubérculos son sembrados o abandonados en el campo al momento de la cosecha, ellos producen nuevamente plantas enfermas. Así, tanto las papas intencionalmente sembradas como las papas espontáneas pueden servir como fuentes de infección.

Vectores. Varias especies de áfidos pueden transmitir el PLRV, pero el áfido *Myzus persicae* es el vector más importante. *M. persicae* transmite el PLRV de manera persistente. Para adquirir el virus, el áfido debe alimentarse en el floema por lo menos durante 20 a 30 minutos. El virus entra al cuerpo del áfido, pero el áfido permanece no virulífero durante un período de incubación de varias horas. Luego el virus se vuelve

infeccioso y persiste durante toda la vida del áfido. El viento puede transportar a los áfidos alados a distancias de varios cientos de kilómetros, mientras que las formas ápteras diseminan la enfermedad de una planta a otra.

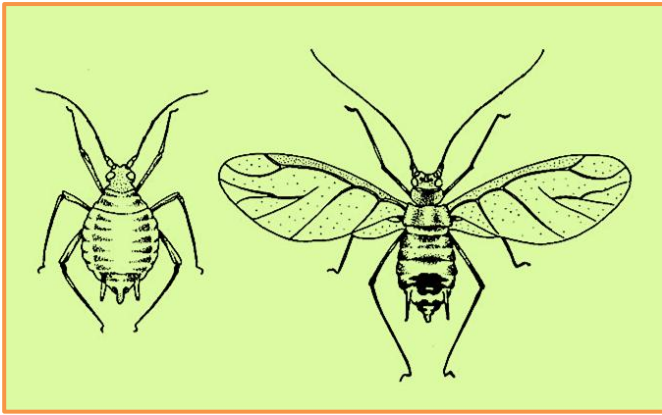


Para adquirir el PLRV, el áfido debe alimentarse en el floema por lo menos durante 20 a 30 minutos

Los áfidos también transmiten el PLRV durante el almacenamiento, especialmente cuando los tubérculos brotan. La investigación en el CIP ha demostrado que los tubérculos almacenados pueden resultar completamente infectados.

La eficiencia de la diseminación del PLRV, depende de las condiciones ambientales. La diseminación del virus está directamente relacionada con el comportamiento de los áfidos. Cualquier condición que afecta la población de áfidos, tal como un clima lluvioso y frío, afecta la diseminación del PLRV. En la zona tórrida, las poblaciones de áfidos son, por lo general, altas y activas durante todo el año. Sin embargo, las temperaturas por encima de 26 °C reducen la eficiencia de diseminación.

Injertos. Los virólogos utilizan injertos para transmitir el PLRV con propósitos experimentales. Cualquier parte de la planta de papa puede ser utilizada como injerto: hojas, secciones de tallos con una yema, o pedazos de tubérculos.



El áfido *Myzus persicae* es el vector más importante del PLRV. En la zona tórrida, las poblaciones son, por lo general, altas y activas durante todo el año

6. DETECCION

El PLRV puede ser detectado mediante la observación de los síntomas en el campo, el uso de plantas indicadoras, la serología y la tinción de la calosa.

Observación de síntomas en el campo. Debido a que los síntomas primarios dependen del momento de la infección, de la variedad, y de las condiciones ambientales, su detección es difícil y no muy confiable. Las infecciones latentes o síntomas leves en variedades tolerantes no pueden ser detectadas en absoluto. Los síntomas secundarios son generalmente obvios y fáciles de detectar a simple vista.

Plantas indicadoras. El PLRV infecta también otros hospedantes. Algunos de ellos, especialmente *Physalis floridana* y *Datura stramonium*, reaccionan con síntomas característicos. Estos dos hospedantes también pueden ser utilizados para mantener el virus con fines experimentales.

P. floridana presenta clorosis entre las nervaduras, ligero enrollamiento de la base de las hojas, reducción del tamaño de las hojas y del crecimiento de las plantas. Con la edad, las plantas palidecen.

D. stramonium desarrolla una fuerte clorosis entre las nervaduras.



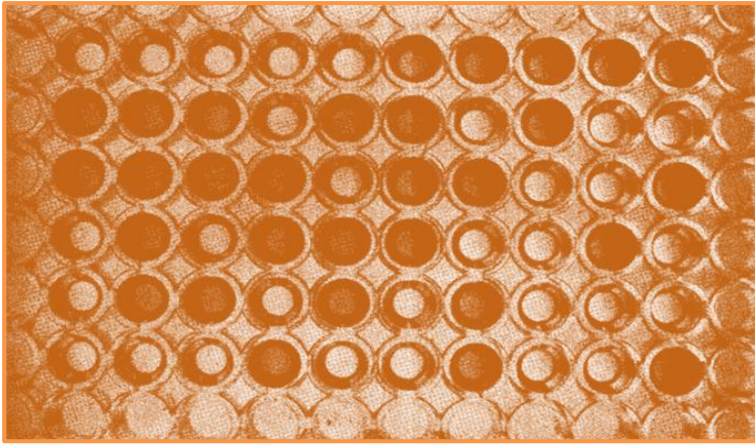
Physalis floridana (izquierda) y *Datura stramonium* (derecha) reaccionan con síntomas característicos

Serología. Debido probablemente a la baja concentración del PLRV en las plantas infectadas, las técnicas serológicas tradicionales, tales como la microprecipitación, la prueba del látex y la difusión en gel, no pueden ser utilizadas para la detección del PLRV. La prueba serológica "Enzymelinked immunosorbent assay" (ELISA) es el único método serológico disponible. El jugo de plantas para la prueba de ELISA puede obtenerse de las hojas, de los pecíolos y de los tubérculos.

Para probar tubérculos, el jugo es obtenido preferiblemente de los brotes en crecimiento. Los tubérculos en reposo pueden también ser probados mediante la extracción del jugo del extremo basal del tubérculo.

Un juego de materiales para la prueba de ELISA ("ELISA test kit"), acompañado de instrucciones sencillas, se encuentra disponible en el CIP.

A pesar de que ELISA es un método sensible, algunas plantas y tubérculos infectados pueden escapar a la detección. Si se necesita una detección precisa del PLRV, las muestras que dan reacción negativa con ELISA deben ser probadas nuevamente injertando plantas indicadoras.



ELISA es el único método serológico disponible

Tinción de la calosa. La infección con PLRV está acompañada generalmente por la necrosis de las células del floema y por la acumulación de calosa, especialmente cerca de las placas cribadas. Estos síntomas pueden ser vistos solamente con el microscopio, después de la tinción de las muestras. La tinción de la calosa es el principio de la prueba "Igel-Lange", utilizada antes para detectar plantas y tubérculos infectados.

El método utiliza secciones longitudinales delgadas de tubérculos o tallos que son coloreados durante 10 minutos en una solución acuosa de resorcina azul al 1 %. Bajo 25 aumentos, se puede observar la calosa teñida de un color azul oscuro. Las células más viejas del floema siempre contienen calosa, aun cuando estén sanas. Por eso debe utilizarse el floema joven cercano al cambium.

La cantidad de calosa en los tubérculos sanos al igual que en los enfermos varía entre las variedades. Los tubérculos infectados, cosechados temprano, pueden no tener aún las células del floema bien

formadas, dando resultados erróneos en la prueba. Por lo tanto, la prueba de tinción de la calosa no es lo suficientemente confiable en comparación con la prueba de ELISA.



Un juego de materiales para la prueba de ELISA ("ELISA test kit"), acompañado de instrucciones sencillas, se encuentra disponible en el CIP

7. CONTROL

Las plantas infectadas con PLRV no pueden ser curadas con tratamientos químicos. Las medidas preventivas incluyen:

- Uso de tubérculos-semillas sanos,
- Eliminación de las fuentes de infección,
- Control de vectores,
- Utilización de la resistencia al PLRV.

Uso de tubérculos-semillas sanos. El uso de tubérculo-semilla libre de enfermedades es una condición básica para un alto rendimiento. Los tubérculos-semillas deben ser multiplicados solamente en zonas con bajas poblaciones de áfidos. El conocimiento de la dinámica de las poblaciones de áfidos es importante para decidir dónde, cuándo y cómo producir y proteger un cultivo de tubérculos-semillas.

Debido a que el virus del follaje infectado toma algún tiempo para llegar al tubérculo, los tubérculos-semillas deben ser cosechados no más tarde

de ocho a diez días después de que las poblaciones de áfidos han alcanzado un límite crítico.

Para evitar la infestación de los tubérculos a partir del follaje infectado, el follaje puede ser destruido mecánica o químicamente antes de la cosecha.

Para fines experimentales, los tubérculos infectados pueden ser liberados del PLRV mediante termoterapia a 37,5 °C por 25 días. En las técnicas de cultivo de tejidos, la termoterapia ayuda a eliminar el PLRV de las partes meristemáticas de la planta.

Eliminación de las fuentes de infección. Las plantas de papa y las malezas son fuentes de infección, que pueden también hospedar áfidos virulíferos. Por lo tanto, deberán ser eliminadas las plantas infectadas de papa (incluyendo las plantas espontáneas) y las malezas hospedantes que se encuentren dentro y alrededor del campo de cultivo. La eliminación de las fuentes de infección es sólo efectiva cuando se lleva a cabo en todos los alrededores. Esto es especialmente importante cuando el cultivo es destinado a la producción de tubérculos-semillas.

Control de vectores. Un estudio de las poblaciones de insectos vectores ayuda a decidir si una zona o temporada es apropiada para producir tubérculos-semillas, y permite determinar el momento de la aplicación de insecticidas y eliminación del follaje.

Los campos de tubérculos-semillas deben estar aislados de los campos comerciales de papa. Ellos están mejor situados antes de los campos comerciales de papa en la dirección predominante del viento, para evitar la inmigración de insectos vectores llevados por el viento a los campos semilleros.

La multiplicación de los áfidos en las plantas de papa o en los tubérculos brotados deberá ser controlada con insecticidas.

En la transmisión persistente de virus, el período de incubación del virus en el cuerpo del áfido es lo suficientemente largo para permitir que los insecticidas actúen antes que los vectores transmitan el virus. Los insecticidas pueden reducir considerablemente la diseminación del PLRV dentro del campo, pero no pueden controlar la infección de áfidos migrando de otros campos.

Utilización de la resistencia al PLRV. La resistencia al PLRV se debe a los efectos aditivos de muchos genes, cuya incorporación en la papa

cultivada es gradual y constituye un proceso de mejoramiento a largo plazo. Actualmente, la utilización de la resistencia al PLRV es limitada.

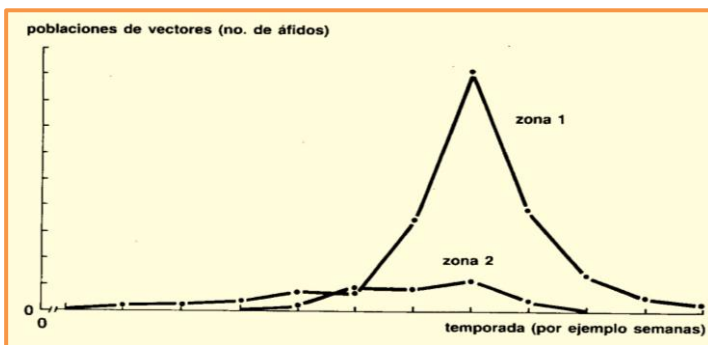
Existen dos tipos de resistencia al PLRV:

- Resistencia a la infección por áfidos,
- Resistencia a la multiplicación del PLRV dentro de la planta.

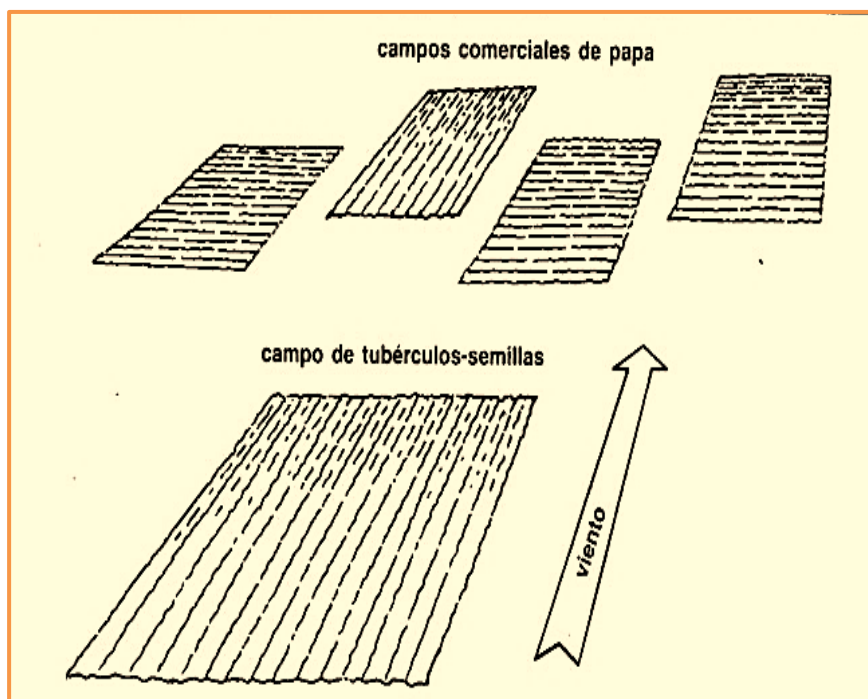
Las plantas con **resistencia a la infección** no resultan infectadas fácilmente. Se requieren altas poblaciones de áfidos virulíferos para infectar una planta. La resistencia a la infección depende de las condiciones climáticas, especialmente la temperatura y el estado sanitario de las plantas. Las plantas ya infectadas con PVX o PVY pierden su resistencia a la infección con PLRV.

En las plantas con **resistencia a la multiplicación**, la concentración del virus es más baja que en las plantas susceptibles. Generalmente, las plantas muestran síntomas leves o no muestran síntomas en absoluto. Las pérdidas de rendimiento pueden ser menos severas que en plantas susceptibles. Sin embargo, las plantas continúan siendo fuentes de infección difíciles de detectar y eliminar.

Ambos tipos de resistencia están presentes en las especies silvestres de *Solanum* tales como *S. acaule*, *S. etuberosum*, *S. chacoense*, *S. stoloniferum* y *S. demissum*. Sin embargo, en la actualidad su uso en el mejoramiento ha tenido solamente un éxito limitado.



Un estudio de las poblaciones de insectos vectores ayuda a decidir si una zona o temporada es apropiada para producir tubérculos-semillas, y permite determinar el momento de la aplicación de insecticidas y eliminación del follaje



Los campos de tubérculos-semillas están mejor ubicados antes de los campos comerciales de papa en la dirección predominante del viento

8. LECTURAS ADICIONALES

1. BACON, O.G.; BURTON, V.E.; MCLEAN, D.L.; JAMES R.H.; RILEY, W.D.; BAGHOTT, K.G.; KENSLEY, M.G. 1976. Control of the green peach aphid and its effect on the incidence of potato leafroll virus. *Journal of Economic Entomology* 69:410-414.
2. CORTBAOUI, R. 1984. Descarte de plantas de papa. *Boletín de información técnica* 19. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 13 pp.
3. DAVIDSON, T.M.W. 1973. Assessing resistance to leafroll in potato seedlings. *Potato Research* 16:99-108.
4. DUFFUS, J.E. 1981. Beet western yellow virus. A major component of some potato leafroll-infected plants. *Phytopathology* 71:193-196.
5. HOOKER, W.J. (ed) 1980. *Compendio de enfermedades de la papa*. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. pp. 95-98.
6. ----- W.J. 1982. *Enfermedades virosas de la papa*. *Boletín de información técnica* 19. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 17 pp.
7. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1980. *Strategy for virus management in potatoes*. Planning Conference Report 22. International Potato Center, Lima, Perú, 163 pp.
8. MAAT, D.Z.; BOKX, J.A. DE. 1978. Potato leafroll virus: Antiserum preparation and detection in potato leaves and sprouts with the enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). *Netherlands Journal of Plant Pathology* 84:149-156.
9. RAMAN, K.V. 1985. Transmisión de virus de papa por áfidos. *Boletín de información técnica* 2. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 23 pp.
10. SALAZAR, L.F. 1982. Detección de virus en la producción de semilla de papa. *Boletín de información técnica* 18. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 14 pp.

NEMATODOS PARASITOS DE LA PAPA

Parviz Jatala ¹¹

1. INTRODUCCION

Los nematodos son gusanos redondos y elongados o filiformes de tamaño microscópico que habitan principalmente en el suelo y el agua. Aunque miles de especies de nematodos no tienen importancia en patología, hay varias especies de ellos que afectan al cultivo de la papa.

2. IMPORTANCIA DE LOS NEMATODOS

Los nematodos son uno de los grupos más importantes de microorganismos que viven en el suelo, vinculados a las raíces de las plantas, y con frecuencia juegan un papel vital en el crecimiento y la producción de las mismas. A los nematodos parásitos de los vertebrados se les llama gusanos redondos o gusanos filiformes, mientras que tanto a los nematodos parásitos de las plantas como a los que viven independientemente se les llama anguñulas.

Las especies de nematodos que causan daño en la papa pueden ocasionar la reducción de la producción hasta en 20 %. Además de causar pérdidas directas, algunos nematodos también afectan la calidad del tubérculo. Los tubérculos infectados no son aptos para el mercado porque la gente no los desea. Es un error usar esos tubérculos como semilla, pues servirían de fuente de inóculo y diseminación de nematodos. Los huevos de algunas especies permanecen viables en el suelo durante muchos años. Algunos nematodos son vectores de virus, otros interactúan con agentes patógenos para causar complejos de enfermedades. Los nematodos también pueden afectar la resistencia de las plantas a otros fitopatógenos.

¹¹Científico Centro Internacional de la Papa

3. ESPECIES Y DISTRIBUCION

Más de 40 especies de nematodos infectan a la papa pero sólo unas pocas son de importancia. La mayoría de estos nematodos que causan daño está distribuida en el mundo y tiene una gama relativamente amplia de hospedantes.

Principales nematodos que atacan a la papa cultivada y su distribución en el mundo

Nombre científico	Nombre común	Distribución por climas*
<i>Globodera pallida</i>	Nematodo del quiste de la papa	M s T
<i>Globodera rostochiensis</i>	Nematodo dorado o Nematodo del quiste	M s T
<i>Meloidogyne spp</i>	Nematodos del nudo de la raíz	C M S T
<i>Nacobbus aberrans</i>	Falso nematodo del nudo de la raíz	c M T
<i>Pratylenchus spp.</i>	Nematodos de la lesión radicular	c M s T
<i>Ditylenchus destructor</i>	Nematodo de la pudrición de la papa	T
<i>Ditylenchus dipsaci</i>	Nematodo del tallo	m T
<i>Longidorus spp.</i>	Nematodos aguja	m t
<i>Paratrichodorus spp.</i>	Nematodos de la atrofia radicular	m t
<i>Trichodorus spp.</i>	Nematodos de la atrofia radicular	m t
<i>Xiphinema spp</i>	Nematodos daga	c m s t

4. SINTOMAS Y DAÑOS

Todos los nematodos se alimentan de raíces o tubérculos o de ambos. Las plantas infectadas presentan síntomas aéreos parecidos a los causados por heridas radiculares, o por deficiencia en elementos del suelo (N,P,K). Muestran falta de vigor y poca eficiencia para resistir la sequía.

* C = cálido tropical, M = moderado tropical, S = subtropical, T = templado, respectivamente. Las mayúsculas representan mayor importancia.

Los síntomas subterráneos del daño causado por los nematodos son, en la mayoría de los casos, típicos de cada género de nematodo y ayudan a identificarlo:

- Hembras pequeñas, redondas (de 1 mm de diámetro), amarillas o blancas, o quistes de color marrón que representan hembras maduras o en maduración... especies de *Globodera*.
- Agallas irregulares de la raíz, generalmente combinadas con deformación del tubérculo... especies de *Meloidogyne*.
- Agallas regulares en cadena... *Nacobbus aberrans*. Es fácil confundirlas con las agallas causadas por *Meloidogyne*.
- Lesiones necróticas en la raíz y los tubérculos pueden indicar la presencia de... especies de *Pratylenchus*.
- Destrucción del tejido del tubérculo que se puede describir como pudrición seca, corchosa, es causada por... *Ditylenchus destructor*.
- Raíces truncadas son síntomas de ataque de... especies de *Trichodorus* y *Paratrichodorus*.

Las especies de *Longidorus* y *Xiphinema* no causan síntomas característicos en la papa. Como son vectores de virus, su presencia se diagnostica por los síntomas que causan los virus.

Los nematodos son prácticamente invisibles a simple vista. Para identificarlos se requiere personal capacitado y equipo especial. Para la identificación de nematodos es recomendable enviar a un laboratorio especializado las raíces de las plantas infectadas, juntamente con muestras del suelo presumiblemente infestado.



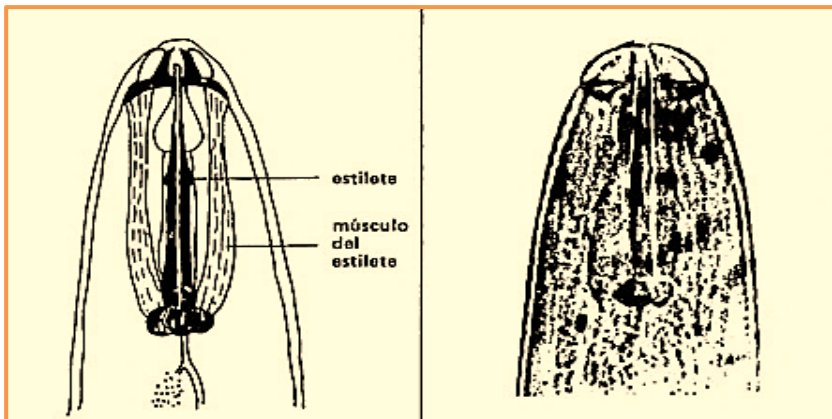
Globodera pallida y *Globodera rostochiensis* se reconocen por la presencia de hembras pequeñas (menos de 1 mm de diámetro), redonda, blanca o amarilla, o por quistes de color marrón que representan hembras maduras (A). Las agallas irregulares en la raíz son típicas de las especies de *Meloidogyne* (B). Las agallas como cadena en la raíz son formadas por *Nacobbus aberrans* (C)

5. MORFOLOGIA

Los nematodos son gusanos redondos o filiformes no segmentados. Tienen cuerpo cilíndrico que en la madurez puede tomar forma de huso, o de bolso pequeño. Los que atacan a la papa miden de 0,5 a 4 mm de longitud, y de 0,05 a 0,25 mm (50 a 250 μm) de diámetro.

Generalmente se considera que los nematodos tienen simetría bilateral. No tienen color y se ven más o menos como cuerpos transparentes. No tienen sistema circulatorio ni respiratorio. A veces los sexos están separados, y en algunos géneros ocurre dimorfismo sexual muy pronunciado. Las hembras de estos géneros se agrandan para convertirse en un bolso reproductivo, mientras que el macho permanece delgado y con forma de gusano. Este es el caso de los parásitos sedentarios.

La característica principal de los nematodos parásitos es la presencia de un estilete en la boca, el cual les sirve para alimentarse. Sin embargo, no son parásitos de plantas todos los nematodos que tienen estilete.



El estilete ubicado en la región de la boca, le sirve al nematodo para extraer el alimento

6. BIOLOGIA

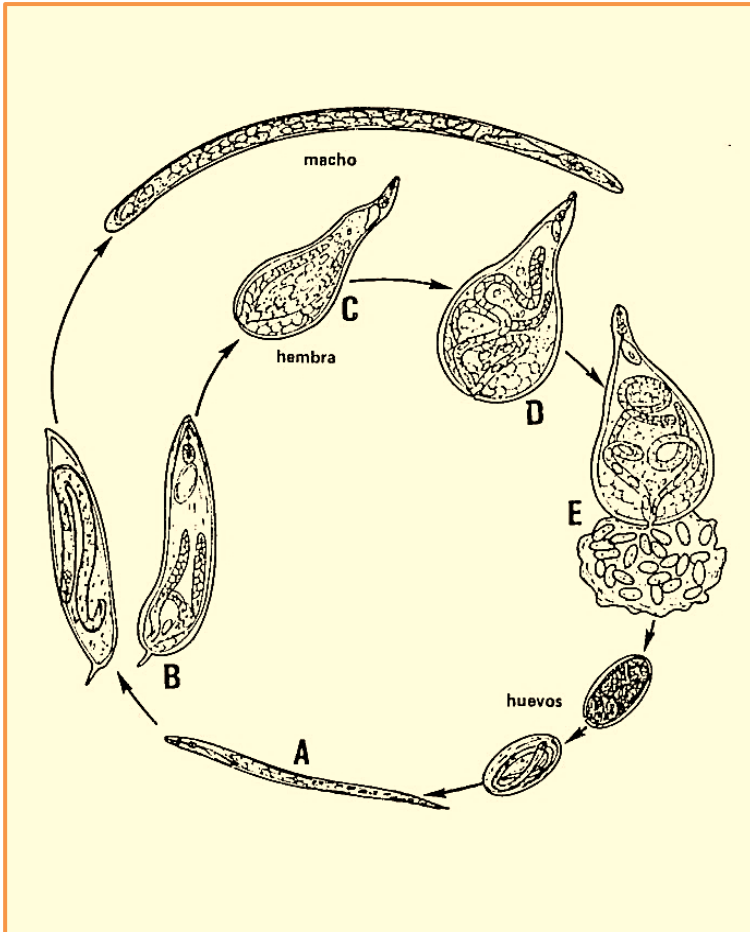
Los nematodos parásitos de la papa permanecen al menos una parte de su ciclo de vida en el suelo. Como son básicamente animales acuáticos, no pueden sobrevivir sin una película de humedad permanentemente ligada a su cuerpo. El ciclo de vida, generalizado, de los nematodos es sencillo: las hembras producen huevos de los cuales emergen los estados juveniles o larvales (que se parecen mucho a los adultos en aspecto y estructura). Durante su crecimiento y desarrollo los estados larvales pasan por cuatro mudas, y el período entre una muda y otra se llama fase. Algunos nematodos pasan las primeras mudas mientras se encuentran todavía en el interior del huevo.

Aunque la proporción de machos y hembras varía, en la mayoría de los casos es 1:1. En algunas especies, sin embargo, los machos no existen y en otras son pocos. En estos casos, las gónadas de las hembras producen tanto óvulos como células espermáticas.

Basándose en los hábitos de alimentación se ha clasificado a los nematodos en tres categorías:

- Ectoparásitos, que normalmente no entran en los tejidos (*Longidorus*, *Xiphinema spp.*).
- Semiendoparásitos, los cuales normalmente se alimentan introduciendo la parte anterior del cuerpo en la raíz de la planta.
- Endoparásitos, los cuales penetran completamente en el tejido de la raíz y durante parte de su ciclo de vida se alimentan teniendo todo el cuerpo dentro del tejido vegetal. Este es el hábito de alimentación que tiene la mayoría de los nematodos importantes de la papa como son las especies de *Globodera*, *Meloidogyne*, *Nacobbus*, *Ditylenchus* y *Pratylenchus*.

Dentro de cada uno de los tres hábitos de alimentación hay una subdivisión entre parásitos migratorios y parásitos sedentarios. Los migratorios dejan con libertad las raíces mientras que los sedentarios entran en las raíces y se establecen en ellas cuando encuentran un lugar adecuado para alimentarse.



Fases de desarrollo del nematodo del nudo de la raíz *Meloidogyne* sp.: el segundo estado larval eclosiona y luego penetra en las raíces (A), las larvas se desarrollan y el sexo se define (B), muda final (C), hembra madura (D), hembra en oviposición (E). El primer estado larval se desarrolla dentro del huevo

7. FACTORES DEL SUELO QUE AFECTAN A LOS NEMATODOS

Debido a que el hábitat de los nematodos es el suelo, los principales factores que afectan al suelo pueden influir directa o indirectamente en la severidad del daño causado por los nematodos. Los más importantes son:

- Temperatura,
- Humedad,
- Textura del suelo,
- Aireación,
- Química del suelo.

Temperatura. La temperatura afecta la producción de huevos, la reproducción, el desarrollo y la supervivencia, determinando así la localización y el parasitismo del nematodo. Los requisitos de temperatura son diferentes para cada especie de nematodo. La temperatura óptima para la mayoría de los nematodos varía entre 15 y 30°C.

Humedad. La fluctuación de la humedad del suelo debida a la lluvia o a la irrigación es el factor más importante para la dinámica de la población de nematodos. El exceso de humedad propicia la carencia de oxígeno e incrementa las toxinas de los microorganismos anaeróbicos. La ausencia de humedad del suelo y la desecación conducen a la inactividad y eventualmente a la muerte de los nematodos a no ser que posean adaptaciones para la supervivencia como es el caso de *Globodera* y *Nacobbus*.

Los quistes de *Globodera* resisten la desecación, y los huevos, dentro del quiste, pueden sobrevivir 20 años o más. Los quistes son el principal medio de diseminación de especies de *Globodera*. Los huevos, los estados larvales y los adultos de *Nacobbus* y de otros nematodos parásitos resisten la desecación y sobreviven durante largos períodos hasta cuando se presenten condiciones favorables que estimulen su retorno a la vida activa.

Textura del suelo. La actividad y los movimientos del nematodo en el suelo para alcanzar la raíz, están relacionados con la porosidad del suelo, con el tamaño de las partículas del suelo, con el espesor de la película de agua que exista, y con el movimiento específico del nematodo. La textura del suelo afecta la estructura del mismo, es decir, la propiedad relacionada con la forma geométrica del espacio poroso del

suelo. Por esto, un suelo arcilloso, que tiene una textura muy fina, puede impedir el crecimiento y la penetración de las raíces debido a que los espacios porosos son diminutos. También puede inhibir el desarrollo de nematodos, los cuales requieren poros de 0,02 mm como mínimo para moverse en el suelo.

Aireación. La aireación escasa reduce la supervivencia y la densidad de población de los nematodos. Este es el caso especialmente en suelos agrícolas irrigados: la supervivencia se reduce porque el suministro de oxígeno llega a niveles bajos durante el período de irrigación por anegamiento.

Química del suelo. La salinidad, el pH, la materia orgánica, la fertilización y el uso de biocidas afectan la emergencia y la actividad de los nematodos.

Las sustancias químicas del suelo afectan a los parásitos ya sea a través de las plantas, y de otros organismos, o directamente. Por ejemplo, los compuestos nitrogenados que se agregan al suelo o sus productos de degradación influyen sobre los microorganismos y causan una reducción de la población de *Pratylenchus penetrans*. Del mismo modo, la aplicación al suelo de nitrato de sodio (NaNO_3), y de nitrato de amonio ($\text{NH}_4 \text{NO}_3$) reduce la emergencia, la penetración, y el desarrollo de quistes.

Otros factores que afectan el crecimiento de las plantas también afectan a los nematodos. Además, la resistencia de la planta y las malezas que albergan nematodos son factores directamente relacionados con el aumento de la población de nematodos y de la severidad de los daños.

8. RASTREO DE LA INFESTACION

Una alta densidad de población de nematodos puede causar una disminución considerable de la producción. No se recomienda producir semilla en campos infestados, pues los tubérculos-semillas o el suelo adherido a ellos pueden ser medios de diseminación de nematodos. Algunas regulaciones legales pueden permitir niveles específicos de infestación del suelo con algunos nematodos. Pero, en general, los campos infestados deben ser excluidos de la producción de tubérculo-semilla.

La observación directa de raíces y tubérculos, en el campo, durante la temporada de crecimiento, permite constatar la infestación de nematodos o la severidad del daño. El mejor método de rastreo es

tomar muestras de suelo y de material vegetal antes de sembrar, durante la temporada de crecimiento, y después de la cosecha. El suelo y el material vegetal deben ser analizados por nematólogos experimentados y competentes o en laboratorios para identificación de nematodos.

9. PREVENCIÓN Y CONTROL

Según las condiciones locales hay varias medidas de prevención y control que pueden resultar efectivas.

Prevención y cuarentena. El control de los nematodos mediante regulación incluye el cumplimiento de cuarentenas para impedir la introducción y diseminación de un determinado nematodo fitoparásito en áreas conocidas como libres de esa especie. Esta medida es efectiva solamente cuando se conoce la naturaleza de ese determinado nematodo y se hacen cumplir las regulaciones. A pesar de fallas y limitaciones, la acción reguladora ha reducido sin duda la distribución de algunos nematodos parásitos.

Rotación de cultivos. Para que la rotación de cultivos sea efectiva es necesario que llene ciertos requisitos. La densidad de población de nematodos debe ser lo suficientemente alta como para que sea potencialmente perjudicial o para que, en efecto, dañe el cultivo principal. Es esencial conocer la gama de hospedantes del nematodo. La densidad de población de nematodos puede ser rebajada considerablemente mediante la rotación de cultivos para que el cultivo principal pueda ser producido económicamente. El cultivo de rotación debe ser adaptable y comercializable. Por lo tanto, este método de control está restringido a los parásitos que tienen una gama reducida de hospedantes, como las especies de *Globodera*.

Barbecho y aradura. El control de nematodos que se hace dejando el suelo en barbecho o en aradura está relacionado con la rotación de cultivos. La desecación, el calor y la carencia de hospedantes reducen las poblaciones de nematodos. Las desventajas de estos métodos incluyen a la falta de ingresos y al aumento de la erosión del suelo.

Saneamiento. El saneamiento es importante para prevenir la introducción de material vegetal infestado con nematodos en áreas donde esa peste no está presente. Para lograrlo es necesario prohibir la producción de tubérculos en áreas infestadas y prevenir el transporte de nematodos en suelo contaminado, maquinaria y

herramientas. Los nematodos pueden ser transportados en el suelo que se adhiera a tubérculos de plantas resistentes.

Control físico. El tratamiento del suelo con calor, la inmersión de las plantas en agua caliente, la electricidad, la radiación, y las ondas ultrasónicas son métodos que se han utilizado para el control físico de los nematodos. Sin embargo, estos métodos son efectivos solamente cuando se usan en pequeña escala, por ejemplo en invernaderos y almácigos.

Resistencia. Las variedades resistentes constituyen un método promisorio de control de nematodos. Los programas de mejoramiento se ocupan de desarrollar líneas resistentes a ciertas razas de nematodos y las variedades de papa así obtenidas pueden ser susceptibles a otras razas del mismo nematodo. Este método de control tiene buenas posibilidades cuando se combina con la rotación de cultivos y con otros métodos de manejo.

Control químico. El control químico de los nematodos depende de que los productos tóxicos utilizados (llamados nematicidas) actúen sobre el nematodo y lo hagan en concentraciones altas, capaces de matarlo. Aunque este método de control es efectivo y ampliamente empleado, la manipulación de los productos químicos es a menudo difícil y peligrosa para el personal novicio. Los productos químicos deben ser correctamente aplicados y en condiciones ambientales adecuados.

Los nematicidas se clasifican -según su acción en el suelo- en fumigantes y no fumigantes. Los fumigantes se volatilizan y se vuelven gases que se mueven a través del suelo. Son muy fitotóxicos y deben ser aplicados entre dos semanas y un mes antes de la siembra. Entre los fumigantes efectivos para el control de nematodos de la papa están el DD, el Super DD, el Telone y el Vorlex.

Los nematicidas no fumigantes son los organofosfatos y los carbamatos. Estos productos vienen generalmente granulados y se pueden aplicar en el momento de la siembra. Se aplican en una banda de 10 a 15 cm en el surco, directamente encima de los tubérculos-semillas. La temperatura y la humedad del suelo deben ser adecuadas para la siembra. Tanto los organofosfatos Mocap y Nemacur como los organocarbamatos Aldicarb, Carbofuran y Oxamil han sido utilizados para el control de los nematodos de la papa.

Control integrado o manejo de los nematodos. Aunque todos los métodos de control tienen sus méritos, no es deseable aplicar

continuamente el mismo método. En la práctica, es necesario integrar o combinar diferentes métodos de control para mantener la densidad de población de nematodos por debajo de los niveles perjudiciales y para prevenir su diseminación a nuevas áreas. Una conocida integración de métodos para el control de *Globodera spp.* es la rotación de cultivos durante dos años, combinada en el mismo período con fumigación del suelo, siembra de variedades resistentes y de cultivares susceptibles en un programa sistemático.

Los componentes claves del manejo de nematodos son:

- Búsqueda extensiva para determinar la presencia y distribución de nematodos;
- Fumigación del suelo para reducir la población;
- Siembra de variedades resistentes para prevenir el incremento de la densidad de población de nematodos;
- Uso de rotación de cultivos;
- Empleo de maquinaria y herramientas limpias;
- Empleo de tubérculos-semillas libres de nematodos;
- Prohibición de la producción de tubérculo-semilla en áreas reconocidas como infestadas o expuestas a infestación.

Las medidas de control pueden ser complementadas con el uso de cultivos trampas (por ejemplo *Crotalaria sp.* para *Meloidogyne*), incorporación de abonos verdes y orgánicos, anegamiento, siembra de plantas antagónicas (por ejemplo *Tagetes sp.* para *Pratylenchus*) y el empleo de agentes de control biológicos, tales como hongos, bacterias y predadores.

10. LECTURAS ADICIONALES

1. FRANCO, J. 1981. Nematodos del quiste de la papa; *Globodera spp.* Boletín de Información Técnica 9. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 21 pp.
2. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1978. Development in the Control of nematode pests of potato II. Planning Conference Report 16. International Potato Center, Lima, Perú. 193 pp.
3. JENKINS, W.R.; TAYLOR, D.P. 1967. Plant Nematology. Reinhold Publishing Corporation, New York, Amsterdam, London. 270 pp.
4. MAI, W.F. et al. 1980. Nematodos parásitos de papa. pp. 131-141. En: Hooker, W.J. (ed.) Compendio de enfermedades de la papa. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 166 pp.
5. WALLACE, H.R. 1973. Nematode ecology and plant disease. Edward Arnold Publishers Limited, 25 Hill Street, London. 228 pp.
6. WEBSTER, J.M. (ed.) 1972. Economic Nematology. Academic Press, London, New York. 563 pp.

NEMATODOS DEL QUISTE DE LA PAPA

Globodera spp.

Javier Franco ¹²

1. INTRODUCCION

Los nematodos son animales microscópicos (conocidos también como gusanos redondos, gusanos filiformes, o anguílulas) que se encuentran en una amplia gama de hábitats, especialmente en el suelo y el agua. La mayoría son saprofitos (se alimentan de materia orgánica descompuesta o en descomposición) pero unos pocos son parásitos de animales o de plantas. Dos especies de los nematodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*, dañan las raíces de la papa y causan pérdidas severas en algunas zonas productoras de papa. Hay otras zonas productoras que hasta el presente están libres de esos nematodos. Para controlar esta peste es necesario conocer su ciclo de vida y manejar adecuadamente el cultivo.

2. IMPORTANCIA

La papa, el tomate y la berenjena son los principales cultivos comerciales afectados por los nematodos del quiste de la papa. Como hospedantes sirven otras pocas solanáceas y algunas familias que incluyen varias malezas. En consecuencia, la gama de hospedantes es relativamente reducida.

Los nematodos del quiste probablemente se originaron en tierras elevadas de los Andes, donde evolucionaron paralelamente con la papa, su hospedante principal. A Europa llegaron entre 1850 y 1900, y de allí se distribuyeron a los países septentrionales y a regiones elevadas en los países de la zona tórrida.

Los nematodos del quiste causan daños que a menudo pasan inadvertidos. En muchas ocasiones sus niveles de población están enmascarados. En el suelo, una población de nematodos pueden incrementarse diez veces en un año, mientras que los daños sólo se hacen visibles a cierto nivel de infestación, que depende de condiciones locales como fertilidad del suelo y suministro adecuado de

¹² Científico Centro Internacional de la Papa

agua. En suelos de baja fertilidad, los daños pueden llegar a ser visibles cuando la infestación está entre 10 y 20 huevos por gramo de suelo. Pero un suelo fértil con contenido adecuado de humedad puede enmascarar una infestación de mayores proporciones.

Hay dos tipos de pérdidas relacionadas con infestaciones de nematodos:

- Directas, debidas a pérdidas de rendimiento,
- Indirectas, debidas a gastos de control y cuarentena.

Pérdidas directas. Pueden ser grandes aun sin que se vean signos de infestación con nematodos del quiste. Pueden ocurrir pérdidas de hasta 15 % en cultivos que no muestran síntomas aéreos. El rendimiento puede reducirse en dos toneladas por hectárea cuando la infestación se aumenta en 20 huevos por gramo de suelo. Podría llegarse al caso de cosechar menos tubérculos que los sembrados.

Pérdidas indirectas. Es muy difícil erradicar los nematodos del quiste que se establezcan en un área. La rotación de cultivos para reducir las poblaciones de nematodos es prolongada y equivalen a no cultivar papa durante varios años en el mismo terreno. El control químico es costoso, peligroso y no es completamente efectivo. Las cuarentenas nacionales para controlar la dispersión de la peste se convierten a menudo en una restricción de la producción tanto de papa para consumo como para semilla.

3. SINTOMAS

Los nematodos del quiste de la papa no causan inmediatamente síntomas aéreos, y pueden permanecer por años en el suelo sin que se detecte su presencia. El primer síntoma es un crecimiento retardado de la planta en uno o más puntos del campo, los cuales se agrandan cada vez que se cultiva papa en ese campo. Se puede presentar una reducción en el crecimiento de las raíces. Las plantas atacadas pierden su color natural, se ven achaparradas, enfermas, y se marchitan fácilmente durante las horas más calurosas y secas del día. Como estas plantas infestadas no pueden competir bien, las malezas se desarrollan con rapidez. Los tubérculos son más pequeños que los de plantas sanas y el rendimiento se reduce.

Un examen cuidadoso de las raíces revela la presencia de cuerpos pequeños y esféricos que miden entre 0,5 y 1 mm de diámetro y tienen color blanco, amarillo o marrón. El color depende de la especie de nematodo y del grado de madurez de las hembras que forman los quistes. Estos se desprenden fácilmente de las raíces.

4. TAXONOMIA

Los nematodos del quiste de la papa pertenecen a la clase Nematoda. Recientemente fueron asignados al género *Globodera* a causa de la forma redonda, globular, de sus quistes. (Antes pertenecían al género *Heterodera*, cuyos quistes tienen, característicamente, forma de limón). Once especies de *Globodera* afectan plantas de diversas familias. A la papa la atacan dos especies de *Globodera*: *G. rostochiensis* y *G. pallida*. Ambas especies se conocen comúnmente como nematodo dorado de la papa, anguílulas de las raíces de la papa, o nematodos del quiste de la papa.

La diferencia más obvia entre ambas especies es el color de las hembras inmaduras. Las de *G. rostochiensis* son amarillas o doradas y de ahí el nombre de nematodo dorado. Las hembras inmaduras de *G. pallida* son de color blanco o crema. Unas y otras forman quistes de color marrón, pero las de *G. pallida* no pasan por la fase dorada.

Entre otras características taxonómicas está la presencia de un estilete que tiene protuberancias en su parte posterior, así:

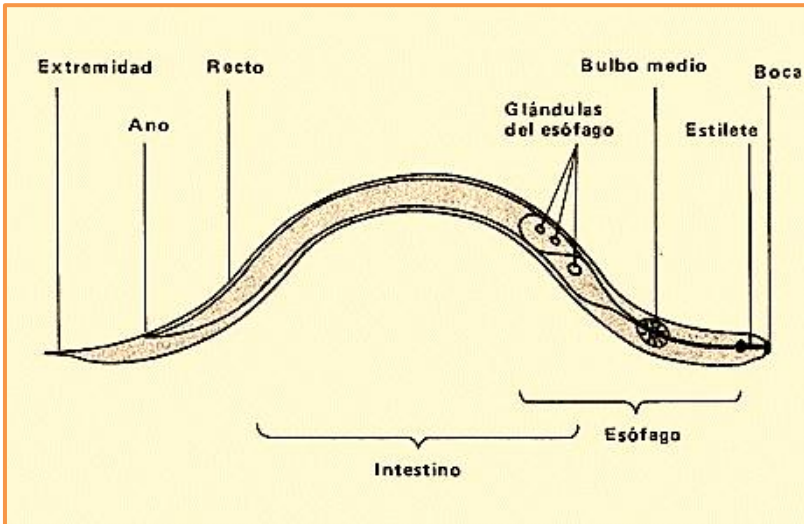
- *G. rostochiensis*: estilete de 19 a 21 micras (μm) de longitud con protuberancias que apuntan hacia atrás.
- *G. pallida*: estilete de 23 a 24 micras (μm) de longitud con protuberancias que apuntan hacia adelante.

Ambas especies se encuentran en los países andinos, pero *G. rostochiensis* predomina en los países fuera de Sudamérica.

5. MORFOLOGIA

El segundo estado juvenil es característico para la morfología de los nematodos. En ese estado el nematodo es semejante a un gusano redondo y elongado y sólo puede ser estudiado con microscopio. El canal digestivo consta de boca, esófago, intestino, recto y ano.

Es característico un estilete dentro de la boca, el cual consiste en una estructura fuerte, tubular y móvil que sirve para perforar la pared celular y absorber el alimento. Por el estilete los alimentos pasan al tubo esofágico que contiene el bulbo medio.

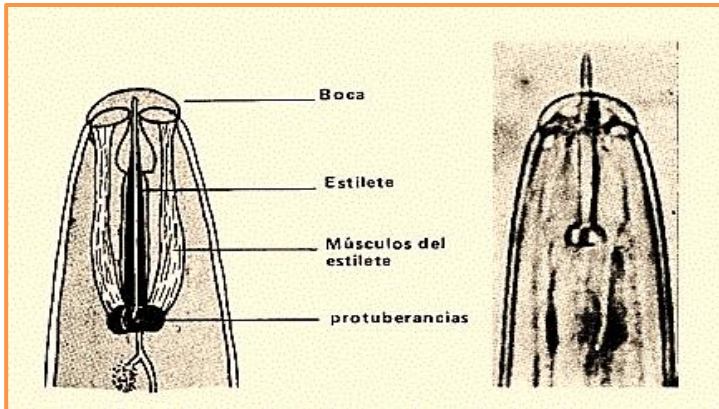


Nematodo en su segundo estado juvenil. Este estado es característico de la morfología de los nematodos del quiste de la papa

Con la ayuda de músculos y de una válvula, el bulbo medio funciona como una estación de bombeo que impulsa al alimento hacia el intestino. Después del bulbo medio hay tres glándulas del esófago que forman un bulbo terminal. El intestino es un órgano de almacenamiento, normalmente lleno de glóbulos de una sustancia grasosa. El intestino se estrecha para formar el recto y termina en el ano.

Los machos conservan la forma de gusano redondo y elongado. Cuando han madurado miden más o menos un milímetro de longitud.

El cuerpo de la hembra, al madurar, se ensancha y después de la muerte se convierte en un quiste duro, de la consistencia del cuero. Los quistes tienen forma esférica o globular, miden entre 0,5 y 1 mm de diámetro, y presentan una pequeña prominencia que corresponde a lo que era la cabeza, la cual estaba adherida a las raíces.



El estilete dentro de la boca es un órgano obvio de los nematodos del quiste y se observa claramente cuando se examina el estado juvenil al microscopio. El estilete es una estructura móvil, fuerte y con un conducto como el de una aguja hipodérmica. Unos músculos ligados a las protuberancias posteriores del estilete lo hacen desplazar hacia atrás y hacia adelante para perforar las células de la raíz.

6. CICLO DE VIDA Y BIOLOGIA

A diferencia de los insectos, las "larvas" de los nematodos pasan por las diferentes fases de desarrollo sin presentar cambios en el aspecto exterior. A estas fases se les llama estados juveniles para distinguirlas de la fase adulta de los nematodos, y de las larvas de los insectos.

El ciclo de vida empieza cuando los nematodos están en su segundo estado juvenil y emergen de los huevos, dentro de los quistes bajo el estímulo de una sustancia que exudan las raíces en crecimiento. Algunos huevos permanecen en el quiste y de ellos emergen estados juveniles en las temporadas siguientes.

Atraídos por exudados radiculares, los nematodos en el segundo estado juvenil punzan las raíces, penetran en ellas, y allí viven y se alimentan durante dos mudas o cambios adicionales

En el tercer estado juvenil de desarrollo de los nematodos del quiste se define el sexo, en función de la cantidad de alimento que haya disponible. Si hay pocos nematodos y abundante alimento la población está predominantemente constituida por hembras. Si la población es abundante y hay poco alimento disponible, predominan los machos.

Las hembras se vuelven sedentarias y se adhieren a la raíz dentro del tejido de la corteza. Su cuerpo se ensancha, rompe las células de la raíz, y llega a ser visible fuera de ésta, aunque la cabeza y el cuello permanecen dentro del tejido.

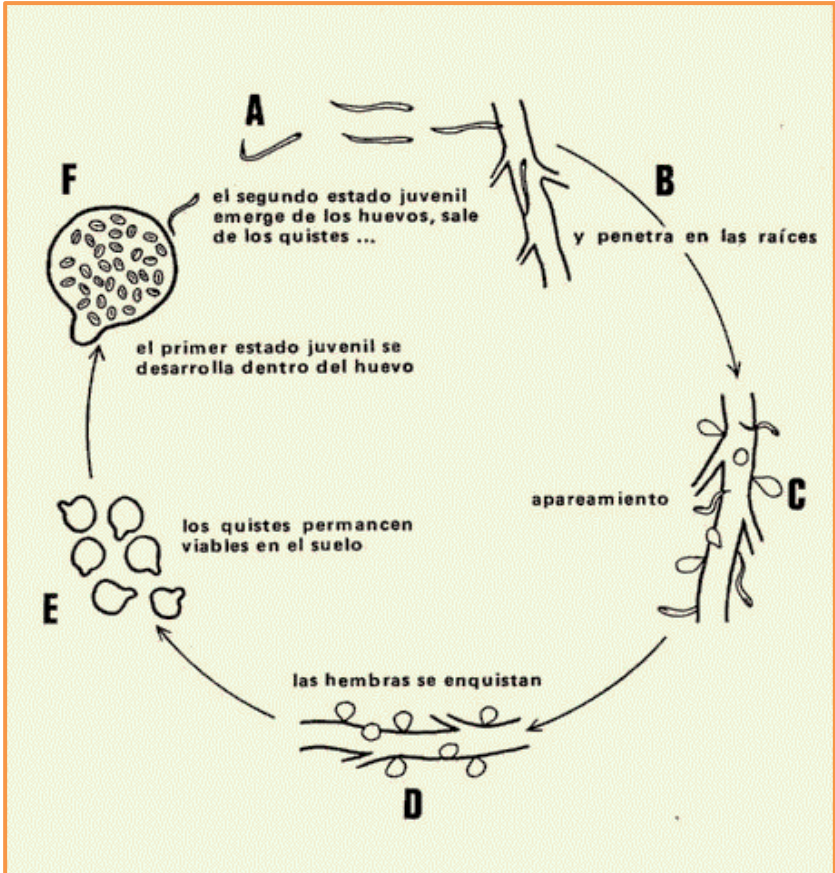
Los machos conservan su forma elongada como de gusano, abandonan la raíz, localizan hembras que están rompiendo la superficie radicular y se aparean en ellas.

Después de que la hembra muere, la cutícula de su cuerpo esférico cambia químicamente y el color que era blanco o amarillo se torna marrón, o bronceo. La hembra muerta se convierte en un quiste marrón y duro, resistente a las condiciones ambientales desfavorables.

Los quistes se desprenden fácilmente de las raíces. Cada uno contiene y protege desde unos pocos hasta 600 huevos. Cada huevo está protegido, además, por su propia cáscara, y alcanza a permanecer viable por 20 años o más. Los huevos se pueden activar cuando quiera que se siembre papa.

Todavía bajo la doble protección de la pared del quiste y la cáscara del huevo, se desarrolla dentro de éste el primer estado juvenil. El segundo estado juvenil emerge cuando se presente como estímulo el exudado de las raíces.

En una temporada ocurre una generación, esto es un ciclo de vida, lo cual toma de 6 a 10 semanas. En ese tiempo, y si no hay competencia por alimento, la población de nematodos se puede multiplicar en proporciones hasta de 1 a 50.

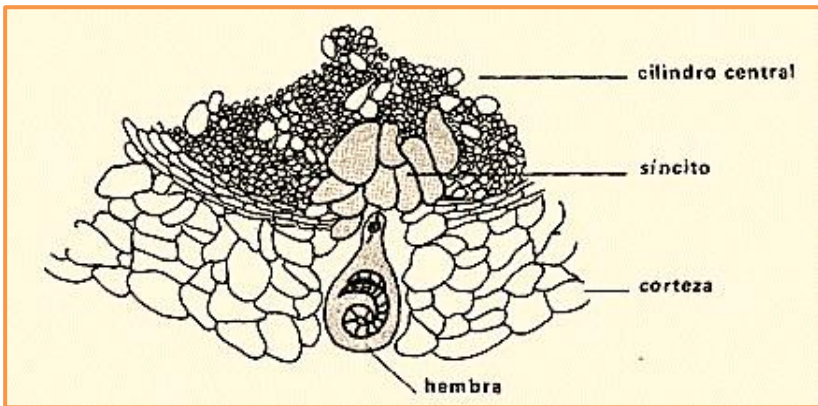


Un ciclo de vida, que es una generación, ocurre en una temporada y dura de 6 a 10 semanas. Bajo el estímulo de exudados de la raíz, el segundo estado juvenil emerge de los huevos dentro de los quistes (A). Penetra en las raíces (B). Cuerpos de hembras que sobresalen en la superficie de las raíces. Los machos abandonan las raíces y se aparean con las hembras (C). Cuerpos de hembras muertas que se convierten en quistes (D). Los quistes se pueden despegar con facilidad de las raíces y permanecer viables en el suelo por más de 20 años (E). El primer estado juvenil se desarrolla dentro del huevo, protegido por la cáscara del huevo y la pared del quiste (F)

7. RELACION ENTRE LA PLANTA Y LOS NEMATODOS

Los nematodos del quiste de la papa son parásitos de las raíces que están muy bien adaptados. El efecto estimulante de un exudado de la raíz de la planta hospedera asegura que los nematodos emergen sólo cuando las condiciones son favorables y con seguridad encontrarán raíces de papa. El segundo estado juvenil de los nematodos perfora con su estilete las paredes celulares y entra en la raíz dejando atrás una agrupación de células perforadas.

La saliva que excretan las glándulas del esófago hace que las células radiculares ubicadas cerca de la cabeza de la hembra se agranden y se unan. Estas células agrandadas y unidas, que se llaman sincitos o células de transferencia, le suministran a la hembra alimento permanente y son necesarias para el desarrollo de los nematodos. De otro lado, el desarrollo y el sustento de los sincitos compiten con el crecimiento de la planta.



Células agrandadas, llamadas sincitos o células de transferencia las cuales constituyen una fuente permanente de alimento para las hembras

Además, el daño que hacen los nematodos causa estrés debido a falta de agua y disturba el metabolismo de los nutrientes.

La relación entre la planta de papa y los nematodos del quiste está gobernada por:

- La resistencia que posea la variedad de papa,
- La tolerancia que posea la variedad de papa,
- La patogenicidad del nematodo.

Esta relación puede ser alterada por factores ambientales, tales como la fertilidad del suelo y otras condiciones de crecimiento.

Resistencia. Según su grado de resistencia, una planta de papa puede contribuir a la multiplicación de los nematodos o a su disminución. La resistencia está determinada por la relación entre la densidad de población de los nematodos antes de la siembra y su densidad de población al final, esto es, cuando termina la temporada de cultivo. Esa relación permite calcular la tasa de multiplicación de la población de nematodos (TMPN) y se expresa así:

$$\text{TMPN} = \frac{\text{Densidad de población final}}{\text{Densidad de población inicial}}$$

Donde generalmente,

TMPN > 1 indica susceptibilidad, y,
 TMPN < 1 indica resistencia.

La resistencia conduce a una reducción de la población de nematodos. El grado de resistencia para casos específicos depende de la situación local y de los materiales mejorados existentes.

Los mecanismos de resistencia se explican de dos maneras. Una es que las raíces pueden no estimular la emergencia del segundo estado juvenil, es decir, pueden reducir la emergencia.

Otra es que se restringe el desarrollo de los síncitos (o células de transferencia) de los cuales toman las hembras su alimento. Esta restricción no evita que emerjan los nematodos en su segundo estado juvenil, ni que invadan las raíces y causen daños. Pero la restricción de alimentos rompe el ciclo de vida y los estados juveniles mueren o se desarrollan como machos. Esto conduce a una disminución más rápida de la población de nematodos y es más efectivo que la reducción de la emergencia.

La resistencia se puede perder. Cuando en forma continua se siembra una variedad resistente en condiciones de alta densidad de población de nematodos, es muy posible que los patotipos no afectados por la resistencia se expandan por selección natural o adaptación genética.

Tolerancia. Tolerancia es la capacidad de la planta -en este caso de papa- para producir no obstante encontrarse en un suelo infestado en este caso con nematodos. Puede ocurrir tanto en variedades resistentes como en variedades susceptibles. Es, pues, independiente de la resistencia. Las plantas intolerantes producen menos. Las variedades tolerantes tienen la capacidad de recuperarse del daño que causan los nematodos.

La tolerancia es independiente del patotipo de nematodo, y se presenta con más frecuencia en las variedades andígena (*Solanum tuberosum ssp. andigena*) que en las variedades tuberosum (*S. tuberosum ssp. tuberosum*). Ello se debe posiblemente, a que en los Andes evolucionaron paralelamente la papa andígena y los nematodos. La papa desarrolló tolerancia para sobrevivir frente al ataque de los nematodos. Las variedades tuberosum han sido desarrolladas en áreas donde los nematodos del quiste de la papa no existían.

Patogenicidad. En ambas especies de *Globodera* (*G. rostochien sis* y *G. pallida*) se presentan varios patotipos. Los patotipos son razas fisiológicas y pueden ser identificados por su habilidad para multiplicarse en plantas de papa llamadas plantas diferenciales. Estas plantas tienen diferentes genes para resistencia. Así, una planta diferencial puede llegar a estar infestada mayormente con ciertos patotipos de *Globodera* pero no con otros

Lo mismo ocurre con variedades de papa. Una variedad de papa reconocida como resistente puede llegar a estar infestada por un número cada vez mayor de poblaciones de nematodos debido a la selección y multiplicación de otros patotipos de *Globodera*.

Aunque los patotipos dentro de cada especie de *Globodera* se aparean libremente, el apareamiento entre especies está restringido.

Hay varios sistemas para distinguir unos patotipos de otros.

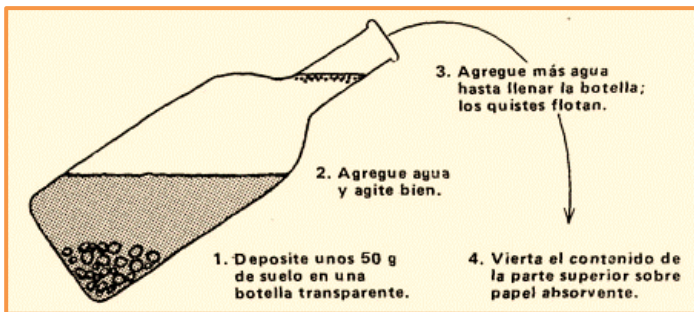
8. DETERMINACION DE LA DENSIDAD DE POBLACIONES

El primer paso en esta determinación es saber si el suelo está o no está infestado, esto es, conocer si el nematodo del quiste está presente o ausente. Luego, el manejo exitoso de los nematodos del quiste de la papa depende del conocimiento que se tenga sobre su densidad de población en el suelo. Los métodos más comunes para determinar la

densidad de población son el análisis de suelo y la observación de las raíces.

Análisis de suelo. Para determinar la densidad de población de nematodos, las muestras de los suelos del agricultor son analizadas en laboratorios nematológicos. Para ello, el suelo seco se suspende en un recipiente con agua y se cuenta el número de quistes que flotan en la superficie. Luego se toma una muestra de quistes para determinar la viabilidad total (contenido de huevos y estados juveniles). Este contenido, referido al tamaño de la muestra, da el valor de la densidad de población de nematodos.

Un método sencillo de análisis que puede hacerse en el campo, proporciona un índice aproximado de la infestación. Se colocan unos 50 gramos de suelo bien mezclado, proveniente de diferentes partes del campo, en una botella de vidrio transparente. Se agrega agua suficiente para mojar bien el suelo y se agita vigorosamente el contenido. Se agrega más agua hasta llegar casi al borde. Los quistes que haya en la muestra flotan. La parte superior del contenido de la botella se vierte sobre papel absorbente de modo que se pueda contar los quistes con la ayuda de una lupa común.



Método sencillo para estimar la infestación de nematodos

Observación de las raíces. En las estaciones experimentales se emplea el método de bioensayo, para determinar la infestación del suelo. Consiste en que 2 o 3 meses antes de la siembra se toman tubérculos brotados y se colocan en macetas con suelo del campo que se desea evaluar. Ocho semanas después, si el campo está infestado, es posible ver los cuerpos redondos de las hembras en desarrollo de los nematodos del quiste, adheridos a las raíces de la masa moldeada por la maceta.

El agricultor puede calcular la infestación del campo si examina las raíces de plantas que estén llegando a la floración. En ese estado del cultivo las hembras han reventado la corteza de la raíz y los cuerpos esféricos se pueden reconocer a simple vista.

Los niveles críticos de infestación dependen de las condiciones locales. Algunos experimentos de comparación entre parcelas tratadas con nematicidas y parcelas sin tratar pueden ayudar a determinar el nivel de infestación en el cual los nematodos empiecen a afectar los rendimientos.

9. PREVENCIÓN Y CONTROL

Cuando aparecen síntomas visibles, los nematodos están ya presentes en grandes cantidades. Una vez que los nematodos del quiste se han establecido es muy difícil, si no imposible, erradicarlos. Sin embargo, hay métodos para reducir el daño que causan. Se requiere combinar prevención y control en un programa integrado, el cual incluye además aspectos como irrigación y fertilización adecuada para:

- Prevenir la diseminación de los nematodos del quiste a nuevas áreas,
- Mantener la densidad de población de los nematodos, en áreas ya infestadas, a niveles que no afecten los rendimientos.

El manejo integrado puede reducir una alta densidad de población de nematodos a niveles que permitan el cultivo exitoso y rentable de la papa.

Cuarentenas. Los nematodos del quiste se diseminan principalmente por medio de tubérculos contaminados con quistes, o de suelo que contenga quistes. También pueden ser medios de transmisión, el suelo adherido a partes de la planta, o a implementos, o transportado por el agua y el viento. Por ello y para prevenir la introducción de esta peste, muchos países aplican cuarentenas estrictas. Como medida adicional, dentro de un país no se debe producir tubérculo-semilla en áreas infestadas.

Principios sanitarios. Se debe sembrar tubérculos-semilla provenientes de áreas no infestadas. Para evitar la diseminación desde un campo a otro se lavan y cepillan los recipientes, las herramientas y la maquinaria, o se tratan con un nematicida. Es necesario cultivar los campos no infestados antes de entrar a los infestados.

Rotación de cultivos. La rotación de cultivos es la práctica de control más ampliamente utilizada. Además es efectiva porque la gama de hospedantes de los nematodos del quiste es reducida. La densidad de población de nematodos puede disminuirse en 30 % cada año si no hay plantas hospedantes en el campo. Sin embargo, los huevos pueden sobrevivir por más de 20 años. La rotación normal en estos casos es de 5 o 6 años sin papa ni otros hospedantes en un campo.

Algunas variedades precoces de papa pueden madurar antes de que se complete el ciclo de vida de los nematodos, y por ello no son buenas hospedantes. Bien empleadas pueden ayudar a reducir el período normal de rotación de cultivos.

Control físico. Algunos métodos de control físico, como el calor, son posibles en estaciones experimentales o en invernaderos. La población de nematodos también puede ser reducida cuando se expone el suelo arado al sol en temporadas secas y caniculares.

Uso de variedades resistentes. Gracias a que estimulan la emergencia de nematodos sin asegurar el respectivo suministro de alimento adecuado, algunas variedades resistentes de papa pueden reducir la densidad de nematodos más rápidamente que un cultivo que no sea hospedante. Sin embargo, la resistencia es efectiva contra algunos patotipos solamente. Los clones o las variedades de papa que son resistentes a patotipos de *G. rostochiensis* predominan sobre los que son resistentes a patotipos de *G. pallida*.

La siembra repetida de variedades resistentes puede menoscabar su resistencia, debido al incremento de otros patotipos. El empleo de la resistencia depende de la gama de patotipos que predomina en un área de producción. En una estación experimental es fácil evaluar la resistencia de variedades de papa o de material de mejoramiento. En el campo también se puede comparar la resistencia de variedades de papa.

El CIP y otras entidades están investigando nuevas y prometedoras fuentes de resistencia observadas en *Solanum vernei* y en *S. tuberosum ssp. andigena*.

Control químico. Los nematicidas -productos agroquímicos para controlar nematodos- raramente son bien efectivos y su acción dura muy poco tiempo. Además de costosos, son tóxicos para el ser humano y el ambiente. Son de uso común dos tipos de nematicidas: fumigantes y no fumigantes.

Los fumigantes incluyen a los hidrocarburos alifáticos halogenados y a los liberadores de metilisotiocianato. Su uso exige aplicadores especiales. Muchos de estos nematicidas son fitotóxicos. Son tóxicos para diversos organismos del suelo tales como bacterias, hongos y nematodos.

Los no fumigantes incluyen a los organofosfatos y el organo-carbamatos. Las fórmulas granuladas se aplican con facilidad. Es muy raro que se presente fitotoxicidad, pero la toxicidad para mamíferos (ser humano y otros animales) es muy alta. Los nematicidas no fumigantes son poco efectivos contra hongos y bacterias del suelo, pero controlan insectos.

Para obtener recomendaciones específicas sobre nematicidas se debe consultar a los expertos locales.

10. LECTURAS ADICIONALES

1. CANTO, M.; SCURRAH, M.M. 1977. Races of the potato cyst nematode in the Andean region and a new system of classification. *Nematologica* 23: 340-349.
2. GUNDY, S.D. VAN; MCKENRY, M.V. 1977. Action of nematocides. In Horsfall, J.G., Cowling, E.B. (eds). *Plant disease: an advanced treatise*. Vol. I. How disease is managed. Academic Press, New York, San Francisco, London. pp. 263-283.
3. INTERNATIONAL POTATO CENTER. 1978. Developments in the control of nematode pests of potatoes II. Planning Conference Report 16. International Potato Center, Lima, Perú. 193 pp.
4. JATALA, P. 1986. Nematodos parásitos de la papa. *Boletín de información técnica* 8. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú 19 pp.
5. JONES, F.G.W. 1970. The control of the potato cyst nematode. *Journal of the Royal Society of Arts* 118: 179-197.
6. MAI, W.F. et al. 1980. Nematodos parásitos de la papa. En: Hooker, W.J. (ed.) *Compendio de enfermedades de la papa*. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú, pp. 131-141.
7. SCURRAH, M.M. 1981. Evaluación de la resistencia en papa a los nematodos del quiste. *Boletín de información técnica* 8. Centro Internacional de la Papa, Lima, Perú. 16 pp.

DESINFESTE EL SUBSTRATO DE SIEMBRA CON BROMURO DE METILO

Para producir "Semilla Básica" de papa en invernaderos

Juan Aguilar¹³
Cesar Vittorelli¹⁴

1. INTRODUCCION

Para producir "semilla básica" de papa en invernaderos, usted puede utilizar como sustrato una mezcla de suelo, musgo y arena. Y para evitar que los tubérculos se contaminen con las plagas y enfermedades existentes en los suelos, usted debe desinfestar esa mezcla.

La desinfestación debe eliminar los insectos, nematodos, hongos, bacterias y semillas de malezas, que afectan la producción de semilla de alta calidad.

Usted puede escoger entre diferentes productos comerciales para desinfestar la mezcla. Sin embargo, muchos de ellos toman varios días para su aplicación. Pero hay uno, el gas bromuro de metilo que, aunque es tóxico, usted puede aplicarlo en pocos días, en forma sencilla y con resultados efectivos.

En este boletín le explicaremos el método de aplicación del bromuro de metilo que hemos acogido en el Programa Nacional de Papa del INIPA, y algunas alternativas.

2. METODO SUGERIDO

2.1 Poza de aplicación (ver figuras 1 y 2)

Las figuras 1 y 2 le muestran los materiales y las medidas. Sobre una loza de concreto construya las paredes con ladrillo, revestido con cemento, dando origen a una poza de 3 m³, con facilidad para cargar y descargar la mezcla o sustrato por desinfestar. Para obtener ese volumen de 3 m³ use las siguientes

¹³Especialista en Producción de Semilla Básica - INIA - SEINPA

¹⁴Líder Proyecto SEINPA

dimensiones: 3,60 m de largo x 1,20 m de ancho x 0,70 m de profundidad.

En el borde superior de las paredes de la poza haga una canaleta de 5 cm de ancho y 2 cm de profundidad, que recorra todo el perímetro (A).

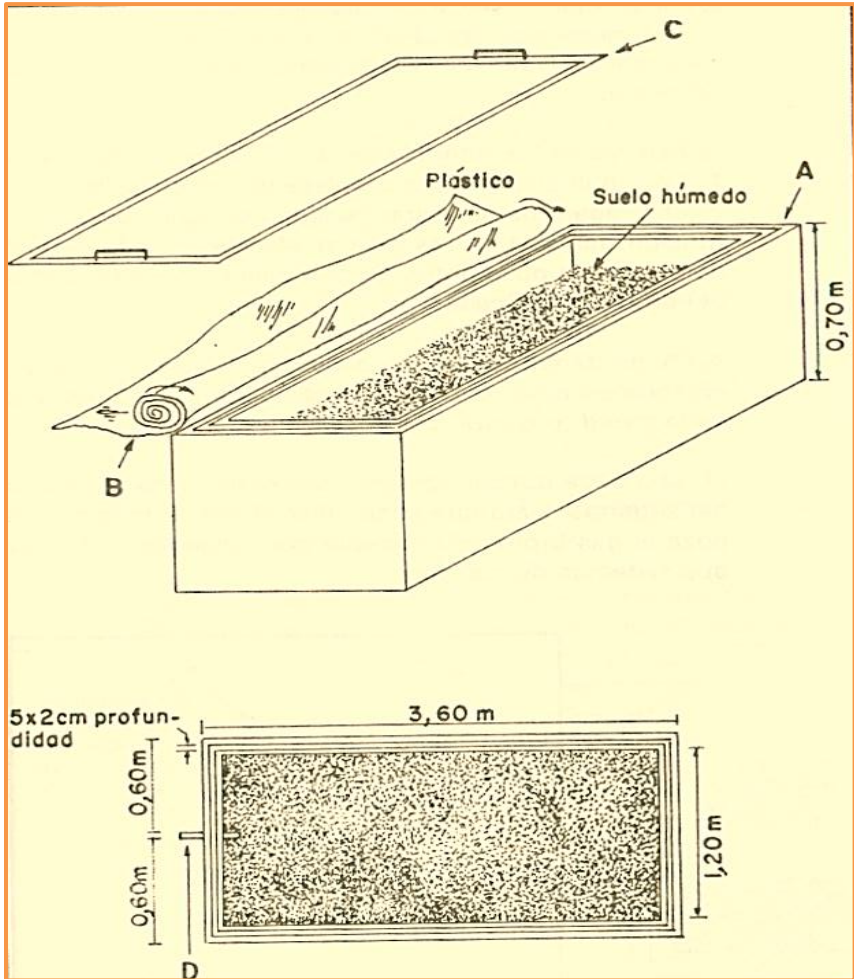


Figura 1

Consiga una cubierta de plástico (B) de un material transparente que tenga entre 0,8 y 1 mm de espesor para que pueda ser usada varias veces sin que se deteriore.

Construya un bastidor (C) de lámina de hierro de 1/4" x 1 3/4", que encaje en la canaleta del borde de la poza, y con agarraderas para facilitar su colocación. La función del bastidor es sujetar el plástico que servirá para tapar la poza antes del tratamiento y evitar fugas del producto aplicado.

A 65 cm de altura, en un costado de la poza (figura 2), coloque un tubo metálico de aplicación (D), empotrado en la pared, pasante, con rosca.

El tubo debe quedar ligeramente sobre el nivel superior del sustrato para que pueda fluir el gas. Conecte a la poza el gas bromuro de metilo que quiere aplicar. Hay dos sistemas de conexión:

- i) Con niple (E) que conecta el balón grande de 92 kg (200 lb) por medio de una manguera. El gas se dosifica por medio de la llave del balón.
- ii) Con aplicador específico para envases de 460 g (una lb) conectado directamente. El aplicador tiene una abrazadera que, al ajustarla, presiona una punta metálica hueca la cual perfora el envase dejando salir el gas.

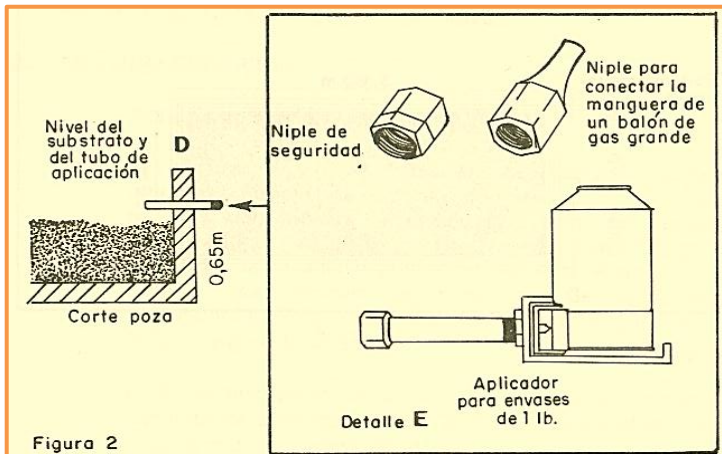


Figura 2

Haga orificios (figura 3) en el substrato húmedo (F) para facilitar el movimiento del gas. Haga los orificios con un trozo de madera de 2 cm de diámetro, que lleguen hasta el fondo y espaciados 15 a 20 cm entre ellos.

Para cubrir la poza, tápela con la cubierta de plástico grueso. Seguidamente coloque encima el bastidor metálico, haciendo presión para que se introduzca en la canaleta y selle la poza.

Para completar esta operación de manera hermética, coloque suelo húmedo o arena encima del bastidor.

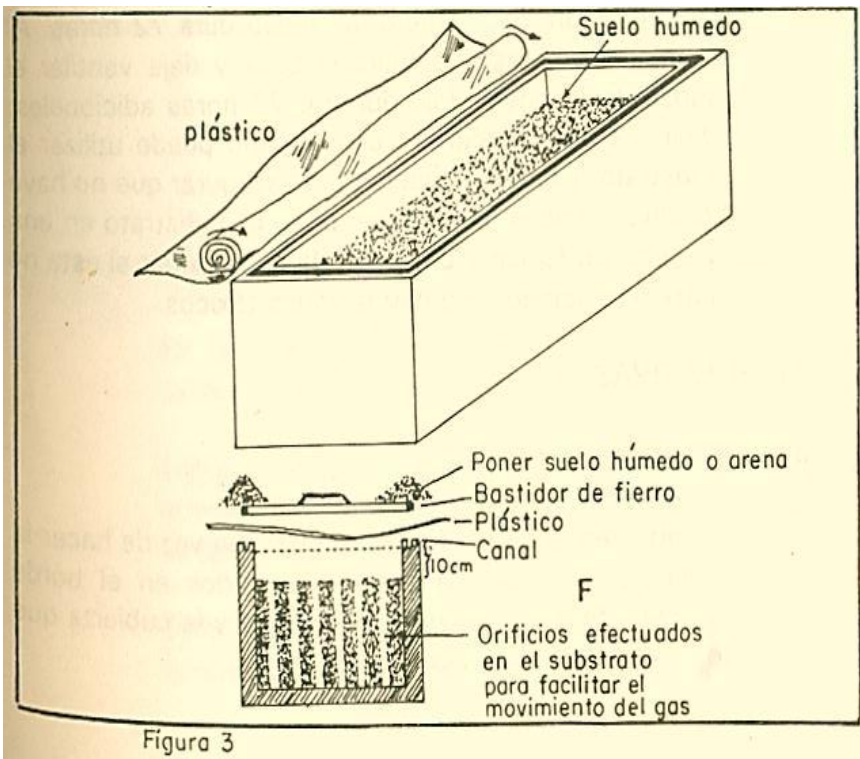


Figura 3

2.2 Precauciones para la aplicación

2.2.1 Use guantes, respirador de gases, lentes, etc. al aplicar y al destapar la poza.

2.2.2 Selle bien la poza de desinfestación, evitando la posibilidad de fuga de gas.

2.3 Dosis utilizada

Según el tipo de mezcla, las dosis utilizadas pueden variar de 1 a 1,5 o de 2 a 3 libras/m³ de substrato por desinfestar. Los suelos pesados y altamente infestados necesitarán dosis más altas. Según la guía de fumigación con bromuro de metilo (2) le recomendamos que después de la primera aplicación con una dosis dada, haga las pruebas necesarias para detectar si todavía hay presencia de hongos, bacterias o nematodos con esa dosis.

2.4 Tiempo de aplicación

La aplicación del bromuro de metilo dura 72 horas. Al término de éstas, descubra la poza y deje ventilar el substrato removiéndolo durante 72 horas adicionales. Después de transcurrido este tiempo puede utilizar el substrato. Como precaución para asegurar que no haya residuos tóxicos, coloque un poco de substrato en una maceta y trasplante una plántula de lechuga: si ésta no sufre alteraciones, no hay residuos tóxicos.

3. ALTERNATIVAS

3.1 Para sellar la poza

Como alternativa para sellar la poza, en vez de hacer la canaleta, coloque 10 pernos repartidos en el borde superior de la poza y haga el bastidor y la cubierta que le mostramos en la figura 4.

Está cubierta es un bastidor de madera, contraplacado con triplay de 4mm (G). Para el bastidor use listones de 3/4 de pulgada lo que da un espesor final aproximado de 2 cm (1" en bruto = aproximado 3/4" cepillado).

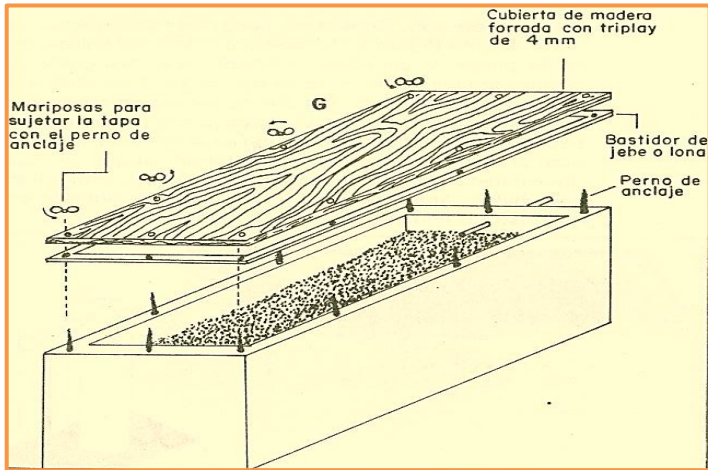


Figura 4

En la cubierta, perfore orificios cerca del borde, que coincidan con las medidas de los 10 pernos de anclaje.

Entre la cubierta de madera y la poza coloque un empaque de jebe o lona para sellar, el cual tendrá 10 huecos por donde pasan los pernos.

Selle la poza asegurando dicha cubierta con las respectivas tuercas de mariposa en los pernos.

3.2 Para la aplicación

Las alternativas para aplicar el bromuro de metilo se muestran en las figuras 5 y 6.

3.2.1 Gas bajo presión. Construya la poza de desinfección del sustrato (figura 5, H). Coloque el tubo de aplicación en la pared, y conéctelo mediante una manguera al cilindro grande de bromuro de metilo de 92 kg (200 lb). Interiormente, conecte el tubo de aplicación

a un tubo de plástico que presenta a lo largo varias perforaciones equidistantes. Coloque este tubo en el fondo de la poza, para permitir una distribución uniforme del gas, el cual fluye debido a la presión puesto que se halla comprimido en el balón. Antes de la aplicación, haga los orificios en el substrato húmedo, como se explicó antes.

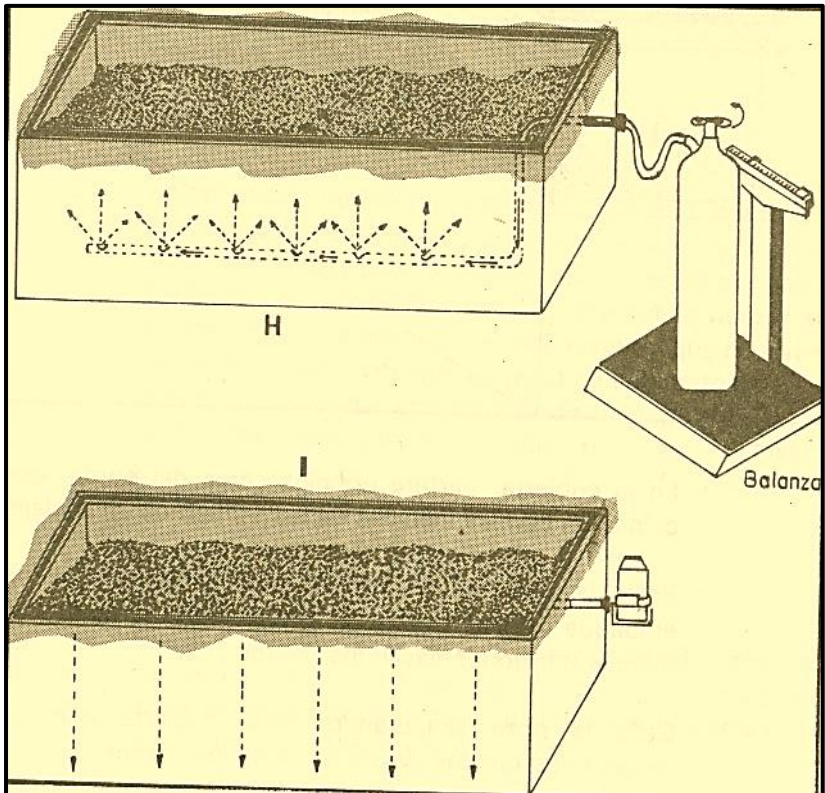


Figura 5

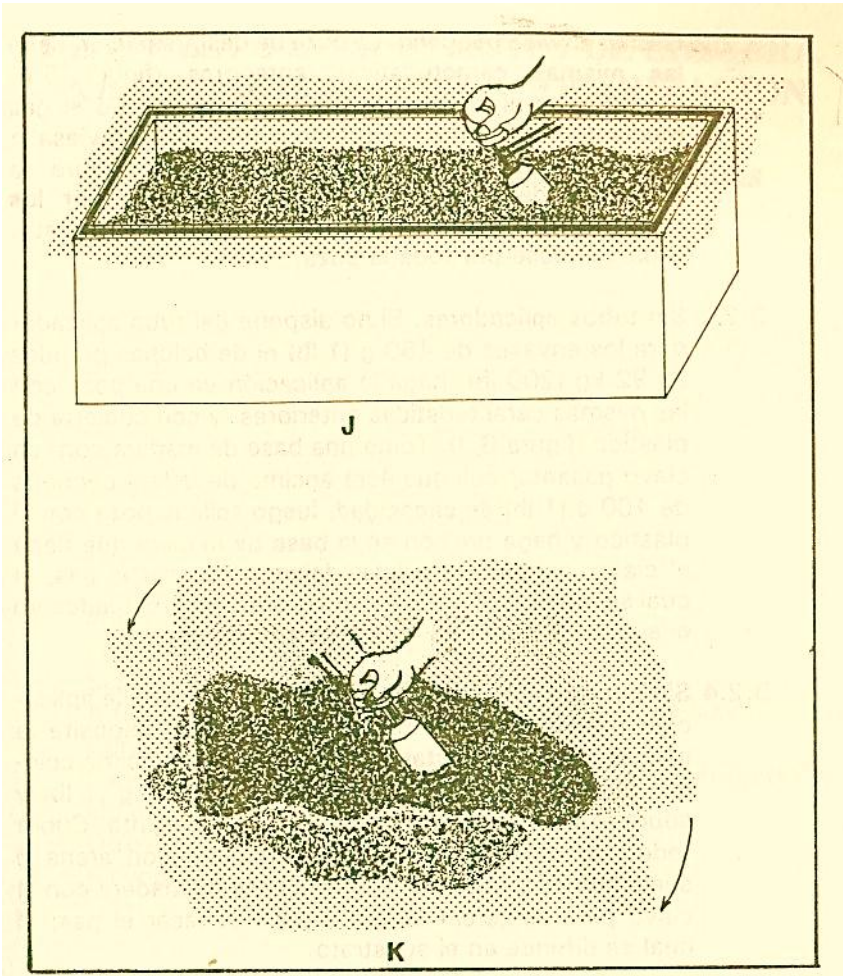


Figura 6

El gas tiende a subir rápidamente para luego descender por los diferentes orificios del sustrato ya que el bromuro de metilo es más pesado que el aire. Note que la cubierta de la poza puede ser de plástico o de madera. Cuando use el balón grande de gas, puede colocar éste sobre una báscula para determinar, por diferencia de peso, la cantidad de producto aplicado, referido al volumen de suelo por desinfectar.

- 3.2.2 Gas en envase pequeño.** La poza de desinfestación tiene las mismas características anteriores (figura 5,I). Cuando use el envase de 460 g (1 lb) aplique el gas mediante el aplicador conectado al tubo que atraviesa la pared. El gas se descarga directamente sobre la superficie del sustrato y luego desciende por los orificios que se han hecho en el sustrato, esparciéndose por toda la poza.
- 3.2.3 Sin tubos aplicadores.** Si no dispone del tubo aplicador para los envases de 460 g (1 lb) ni de balones grandes de 92 kg (200 lb), haga la aplicación en una poza con las mismas características anteriores, y con cubierta de plástico (figura 6, J). Tome una base de madera con un clavo pasante; coloque ésta encima de la lata pequeña de 460 g (1 lb) de capacidad, luego selle la poza con el plástico y haga presión en la base de madera que tiene el clavo; así perfora a lata, dejando escapar el gas, el cual se movilizará a través de los orificios efectuados en el sustrato como en los casos anteriores.
- 3.2.4 Sin poza de aplicación.** Si no dispone de poza de aplicación (figura 6, K) y tampoco de aplicador, deposite la mezcla para desinfestar sobre un plástico, encima coloque el envase de bromuro de metilo de 460 g (1 lb) y sobre él la base de madera con el clavo pasante. Cubra todo con otro plástico y selle alrededor con arena o suelo húmedo. Luego presione la base de madera con el clavo para agujerear la lata y dejar escapar el gas, el cual se difunde en el sustrato.

4. REFERENCIAS

- 1.HIDE, G.A.; CORBETT, D.C.M.; EVANS, K. 1984. Effects of soil treatment and cultivar on "early dying" disease of potatoes caused by *Globodera rostochiensis* and *Verticillium dahliae*. Annals of Applied Biology 104, 277-289.
- 2.METHYL BROMIDE FUMIGATION GUIDE.

DESINFESTE EL SUBSTRATO DE SIEMBRA POR EL METODO DE LA SOLARIZACION

**Para la producción de tubérculos-semillas
de categoría básica de papa**

Juan Aguilar G. ¹
César Vittorelli W. ¹
Julio Molina M. ¹
Oscar Santisteban K. ¹⁵

1. INTRODUCCION

Los Programas de producción de "Semilla Básica" de papa, utilizan normalmente sustratos desinfestados para la siembra en invernaderos, con la finalidad de obtener material de la Categoría Pre-básica. Esta desinfestación puede efectuarse mediante la utilización de métodos biológicos, químicos o físicos los cuales en su mayoría son eficientes, pero costosos y que requieren en algunos casos de un manejo cuidadoso, especialmente cuando se utilizan productos químicos, que son altamente tóxicos.

En los invernaderos se siembran principalmente plántulas in vitro, esquejes o tuberculillos, libres de virus y de otros fitopatógenos, por lo que su instalación requiere de un sustrato previamente desinfestado para asegurar que los tubérculos producidos tengan una sanidad excelente certificada y no sean portadores de enfermedades fungosas, bacterianas, viróticas y de nematodos.

La erradicación de patógenos en el suelo o sustrato, se logra mediante el empleo de medios físicos como el calor seco, vapor, agua caliente, radiación solar y bajas temperaturas. La solarización implica el uso de la radiación solar como un agente letal para el control de plagas y enfermedades mediante el uso de polietileno transparente colocado sobre el sustrato y la exposición a la luz del sol. Trabajos de experimentación sobre solarización, efectuados por el Programa de Investigación en Papa del INIAA con participación del Centro Internacional de la Papa, han permitido el desarrollo de esta tecnología de uso práctico, fácil manejo y bajo costo, constituyendo un aporte a los programas de producción de semilla mejorada.

¹⁵ Especialista en Producción de Semilla Básica, Líder Proyecto SEINPA, Especialista en Producción de Semilla Básica, Catedrático Universidad Nacional de Cajamarca, respectivamente.

2. PROCESO DE SOLARIZACION

Con la solarización es posible eliminar hongos, nematodos y otros patógenos así como semillas de malezas presentes en el sustrato. Además, este método permite el uso complementario de fungicidas, nematicidas, etc., en dosis que pueden ser mucho menores que las recomendadas.

El sustrato a desinfectar es una mezcla de musgo, suelo y arena en proporciones 2:1:1 respectivamente, con un contenido de humedad equivalente a la capacidad de campo.

Esta práctica se realiza fuera de los invernaderos en un patio o terreno, exponiendo el sustrato a los rayos solares. Se utiliza plástico transparente de un espesor comprendido entre 0,05 - 0,50 mm, recomendándose el de mayor grosor por su durabilidad y porque además conserva mejor la temperatura. El plástico transparente deja pasar los rayos solares, eliminando el efecto refractario, captándose de esa manera toda la radiación con la consecuente acumulación de mayor temperatura en las horas de mayor insolación.

La desinfección se basa en un proceso físico, alternando altas y bajas temperaturas. La humedad del sustrato juega un papel importante debido a que en las horas de mayor temperatura produce vapor y en las de menor temperatura (durante la noche), se condensa, produciéndose un proceso de pasteurización continua durante el tiempo que dure el tratamiento. Estas fluctuaciones de temperatura entre el día y la noche, rompen fácilmente el ciclo biológico de los fitopatógenos presentes en el sustrato.

3. SECUENCIA DEL ARMADO DE LA CAMARA

- a) Utilice plástico de 1,50 m de ancho por la longitud deseada, de acuerdo a la disponibilidad de espacio. Este plástico se coloca sobre la superficie del suelo, patio o terreno, como base. A los lados y a los extremos coloque maderas de 1" x 8" x 10' como se indica en la figura 1, sostenidas por ladrillos para formar una especie de cama donde se colocará el sustrato en forma de colchón para someterlo al proceso de solarización.

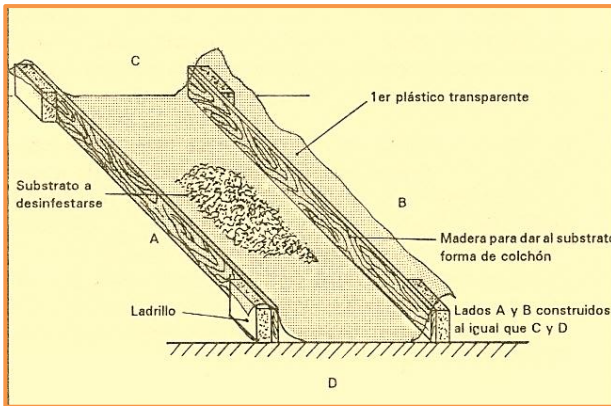


Figura 1.
Colocación del primer plástico

- b) Vacíe el sustrato sobre el plástico hasta cubrir una altura de 20 a 30 cm como se muestra en la figura 2. Luego, con la ayuda de un rastrillo, extiéndalo uniformemente en toda la superficie preparada.

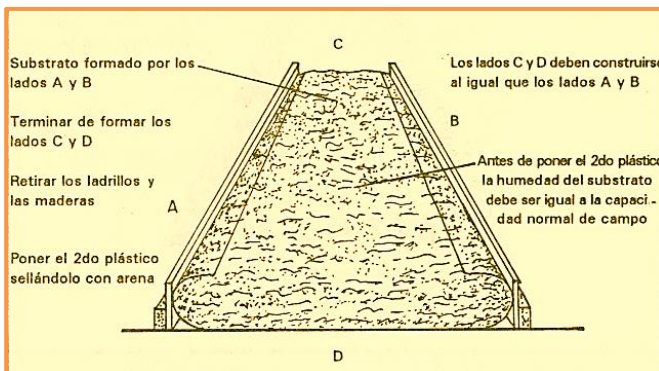


Figura 2. Vaciado del sustrato y formación del colchón

- c) Agregue agua hasta llegar a la capacidad normal de campo, forme el colchón doblando las partes terminales de los 4 lados. Finalmente el colchón debe tener un ancho aproximado de 1 metro (figura 3). Después de formado el colchón retire los ladrillos y maderas que sirvieron para darle forma.
- d) Coloque un segundo plástico, de las mismas características que el de la base, para cubrir la parte superior. Los extremos deben sobresalir para facilitar el sellado hermético con arena por todo el contorno. Coloque también un termómetro para medir la temperatura que alcanzará el sustrato durante el proceso de solarización (figura 4). Esto permitirá conocer en qué momento se llega a la máxima temperatura en relación a la incidencia de los rayos solares.



Figura 3. Formación del colchón

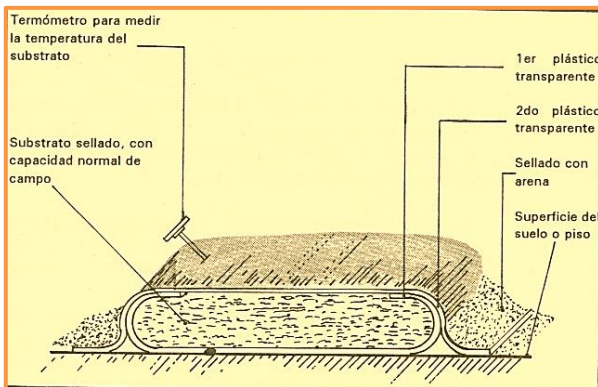


Figura 4. Colocación del 2do plástico

- e) Inmediatamente después del sellado coloque los arcos, que pueden ser de madera o plástico fijados al piso a través de estacas de madera o de hierro (figura 5).

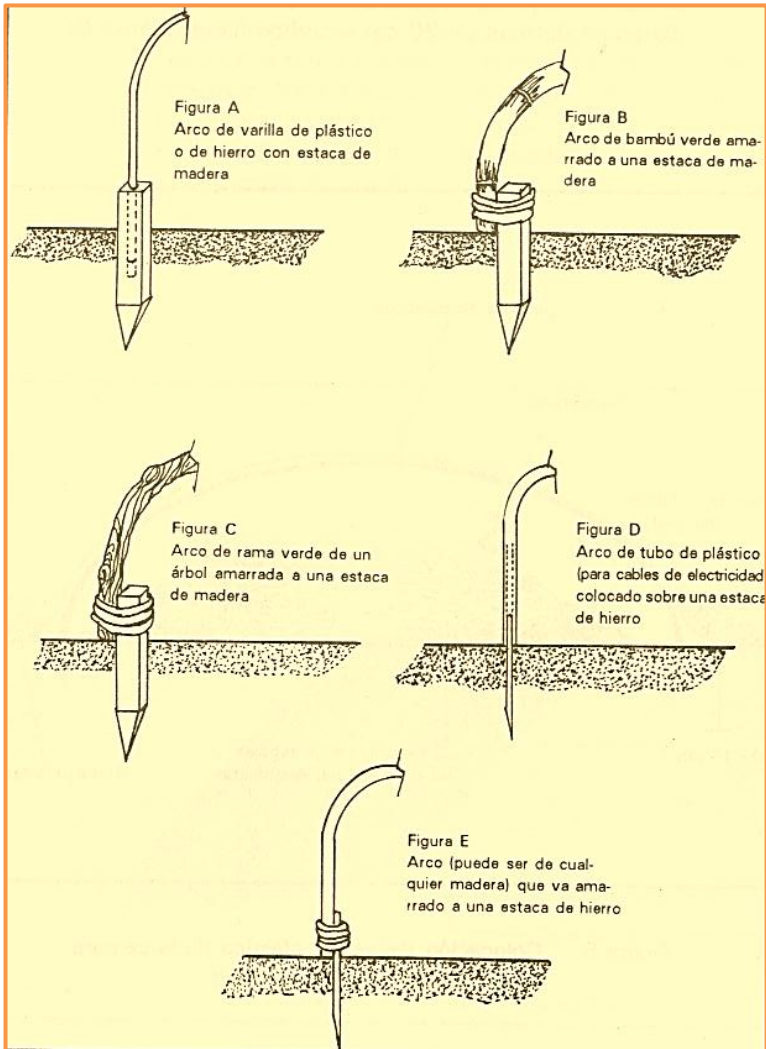


Figura 5. Diferentes materiales para formar los arcos

- f) Los arcos se colocan a lo largo del colchón de substrato, a un metro de distancia entre sí. La distancia en la base de los arcos es de aproximadamente 1,40 m dependiendo del ancho del colchón colocado en el interior. Mantenga una distancia de más de 20 cm a ambos lados (figura 6).

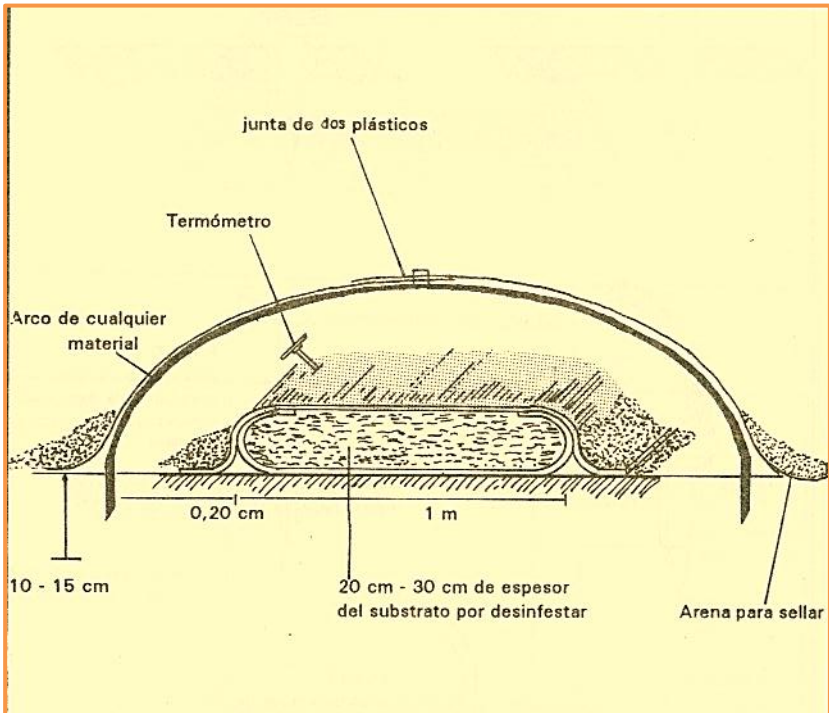


Figura 6. Colocación del tercer plástico de la cámara de desinfestación de substrato

- g) Coloque sobre los arcos un tercer plástico, que cubra todo el sistema. Si éste no tiene el ancho suficiente, junte dos plásticos por los bordes en toda su longitud. Utilice varillas de madera de 1 cm x 2 cm por la longitud requerida, colocando una en la parte superior y otra en la parte inferior, y entre ellas los dos bordes por juntar. Asegúrelos con clavos de 3/4" de longitud. Finalmente el plástico se coloca sobre los arcos dispuestos transversalmente, quedando la unión en la parte central (figura 7).

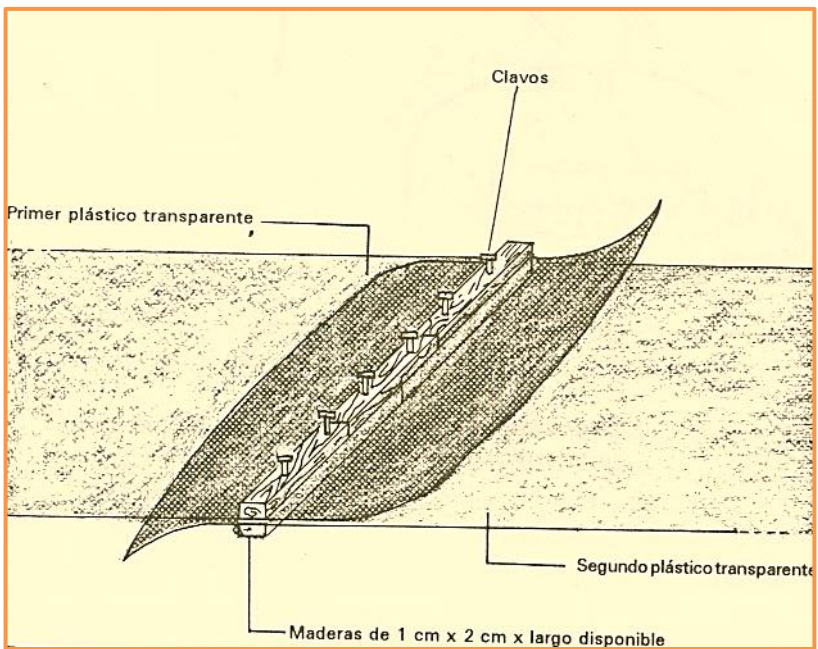


Figura 7. Madera de unir dos plásticos con la ayuda de dos maderas superpuestas

- h) Cubra con arena los bordes laterales que se encuentran en contacto con el piso. Quedando así toda la cámara herméticamente sellada (figura 8).

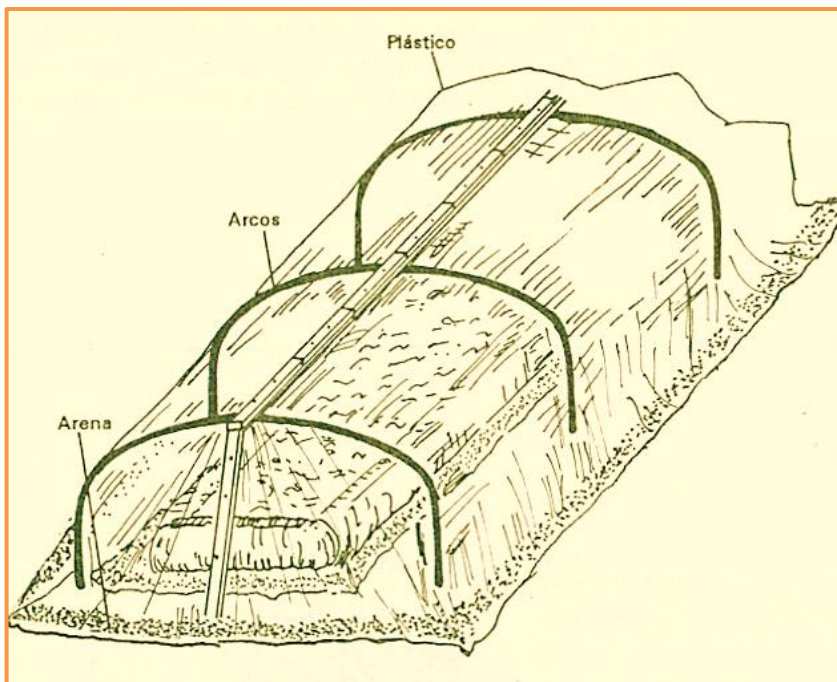


Figura 8 Colocación del tercer plástico de la cámara de desinfestación del sustrato

4. ALTERNATIVAS PARA LA APLICACION DEL TRATAMIENTO DE SOLARIZACION

Para colocar el sustrato utilice mangas o tubos transparentes de polietileno. Puede fabricarlas sellando el borde con la ayuda de dos maderitas y clavos o simplemente doblando las entradas del tubo (figura 9).

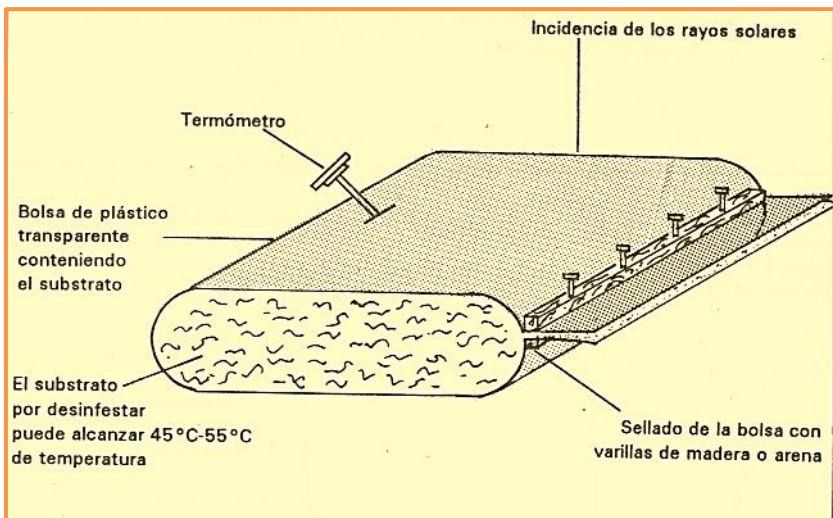


Figura 9. Bolsa plástica sin la segunda capa de plástico

Las bolsas con el sustrato así preparadas se pueden utilizar sin cubrir las con los arcos ni un plástico adicional. En este caso, los ensayos demostraron que la temperatura del sustrato alcanzó de 45 a 55 °C durante las horas en que los rayos solares incidieron en forma perpendicular (máxima radiación).

Sin embargo, colocándolas debajo de los arcos y una capa más de plástico (figura 10 y 11), la temperatura alcanzada fue de 60 a 70 °C, registrándose una temperatura máxima de 74 °C para las condiciones de La Molina - Lima.

Raymundo, 1986, encontró que la temperatura en el sustrato cubierto con dos capas de plástico, se incrementó en 28,6 °C más que en el suelo desnudo.

Raymundo, S.A.; Alcázar, J.; Salas R., 1986, encontraron que con una capa de plástico el sustrato alcanzó una temperatura de 47,5 °C; en cambio, utilizando dos plásticos, uno encima de los arcos, para las condiciones de La Molina (ver recuadro) se encontraron temperaturas mayores de 60 y 70 °C en el sustrato.

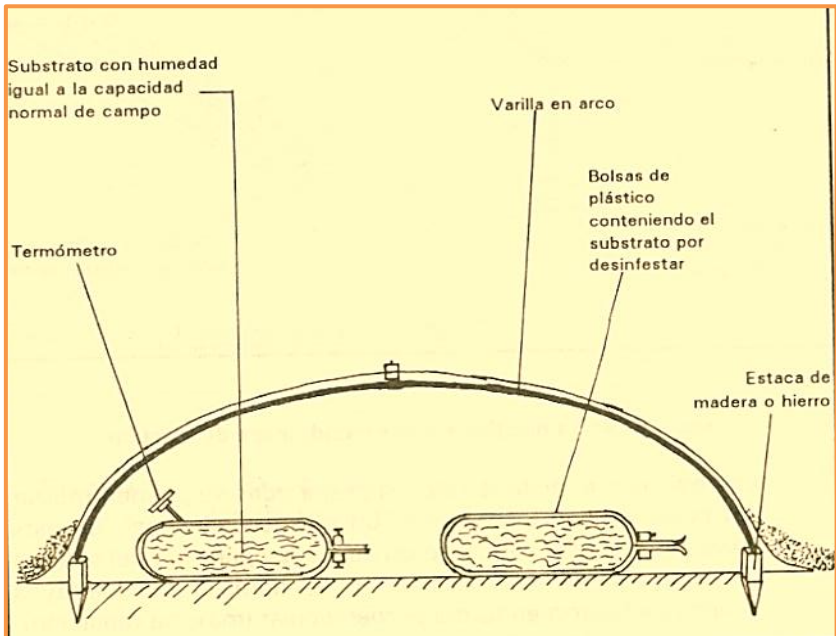
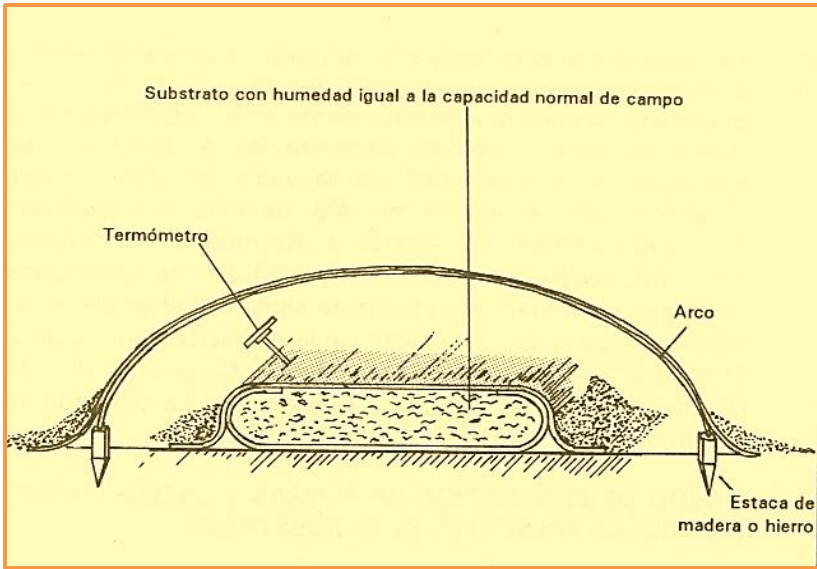


Figura 10. Bolsas de plástico transparentes selladas y cubiertas con una segunda capa de plástico



Datos meteorológicos:

Fecha: marzo 1985

Temp. max. x = 28,1 °C

Temp. promedio = 19,3 °C

Hora: 13:00

Radiación solar 456,17 Calgr/cm²/día

Precipitación = 0,04 mm

Evapor. PICHE = 3,5 mm

Evapor. Tanque = 6,14 mm

Figura 11. Substrato por desinfectar contenido dentro de dos plásticos con estacas de madera y varilla de metal o plástico

5. DURACION DEL TRATAMIENTO

La solarización debe tener una duración comprendida entre 4 y 6 semanas. Se recomienda ensayar la técnica para determinar la duración del tratamiento en las diferentes zonas donde se vaya a utilizar. Dependiendo de las horas de insolación y la intensidad de la radiación solar, puede obtenerse, en un menor número de días, un sustrato altamente desinfectado. Alcázar, J.; Raymundo. S.A. y Salas, R., 1986, encontraron que con 15 a 30 días de solarización del suelo, se obtuvo un tratamiento significativo en el control de *Meloidogyne sp.*, reduciéndose la población libre de 96,2 % a 78,9 %. El promedio de la temperaturas para 8; 15 y 30 días fue 48,3 y 48,7 °C, respectivamente. La temperatura registrada en el suelo desnudo fue de 36,5 °C.

6. RANGO DE ELIMINACION DE PLAGAS Y ENFERMEDADES AGRICOLAS PRESENTES EN EL SUBSTRATO

El sustrato contiene un amplio rango de microorganismos patógenos, nematodos e insectos que afectan generalmente a las raíces y al cuello de las plantas produciéndose dentro de los invernaderos pérdidas considerables en las camas de producción.

a. Hongos

Según G.S. Pullman, 1981, la solarización logra reducir las poblaciones de varias especies de hongos que se encuentran presentes en el sustrato de siembra, como *Verticillium dahliae*, *Pythium sp.*, *Rizoctonia solani* y *Thielaviopsis basicola*. Otros investigadores también reportan que con este método se eliminan varios géneros de hongos patógenos del suelos, (Torres, 1986).

b. Bacterias

Con este método se eliminan también gran parte de bacterias que afectan el crecimiento de las plantas de papa. Torres, 1986, encontró que los suelos tratados con solarización presentaron en un medio de PDA (Papa Dextrosa Agar), un menor número de colonias bacterianas y fungosas, confirmando así la efectividad de este tratamiento.

c. Nematodos

La solarización elimina los nematodos contenidos en los substratos tratados. Raymundo, 1986, encontró que *Meloidogyne incógnita* es eliminado eficazmente.

J.J. Stapleton, 1983, nos reporta que varios géneros son eliminados, reduciéndose las poblaciones de *Meloidogyne*, *Globodera spp*, *Pratylenchus*, *Paratrichodorus*, *Criconemella*, *Xiphinema* y *Pratylenchus spp.* entre 42 y 100 %.

La Mondia, J.A. y Brodie, B.B., 1984, encontraron que el porcentaje del estado juvenil de *G. rostocheinsis* en suelos infestados en forma natural donde se aplicó la solarización, se redujo hasta en 96,2 % - 98,6 % en el de plástico con suelo seco en comparación con el porcentaje del suelos sin plástico. Este último solo con humedad lo redujo hasta 27,4% y sin humedad (en seco) hasta 51,8 %. Las temperaturas fueron de 34 y 45 °C para una duración de media y una hora, respectivamente.

d. Insectos

Ciertas larvas y pupas de algunos insectos que atacan la papa y que se encuentran en el substrato, pueden ser eliminadas.

7. OTROS EFECTOS DE LA SOLARIZACION DEL SUBSTRATO**a. Disponibilidad de nutrientes**

Los substratos tratados con solarización muestran cierto incremento en el contenido de materias orgánicas y minerales de acuerdo al estudio de Chen and Katan, 1980, se encontró un incremento del radical NO_3 en forma concentrada. Otros iones como NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y el Cl^- , también se incrementaron. Ellos observaron que plántulas de tomate crecidas en suelo tratado con solarización tuvieron un mayor tamaño y una mejor conformación que aquellas crecidas en los suelos no tratados.

El substrato es preparado normalmente en base a una mezcla de musgo, arena y suelo, esto es, tiene alto contenido de materia orgánica. Sometido a un proceso de variaciones de temperatura y humedad, se acelera el proceso de mineralización de la (MO). Sin

embargo, en cierta etapa de desarrollo de la planta se pueden presentar síntomas de deficiencia de elementos menores, posiblemente por efecto de la destrucción de la flora benéfica del suelo. Estas deficiencias se corrigen con aplicación de abonos foliares quelatizados.

b. Semillas de malas hierbas

Las semillas y las partes vegetativas de propagación, como los rizomas y bulbos de las malas hierbas que se encuentran en los sustratos de siembra, son eliminados hasta en un 100 %.

Se ha comprobado la eficacia que tienen las altas temperaturas logradas con la solarización, para destruir estas formas de propagación en los sustratos para la producción de "Semilla Básica" de papa en los invernaderos.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ALCAZAR, J.; RAYMUNDO, S.A.; SALAS, R. 1986. Influencia de diferentes factores en la eficiencia de la solarización del suelos como un método de control del nematodo del nudo de la raíz, *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood efectos del tiempo de exposición, grosores de plásticos, plástico usado y nuevo y eficiencia a diferentes profundidades del suelo. Centro Internacional de la Papa (por publicar).
2. CHEN, Y.; KATAN, J. 1980. Efecto of solar heating of soils by transparent polyethylene mulching on their chemical properties. Department of Soil and Water Sciences and Department of Plant Pathology and Microbiology. The Hebrew University, Faculty of Agriculture, Rehovot, Israel, November, Vol. 130 N° 5.
3. KATAN, J. 1981. Solar heating (Solarization) of soilborne pests. Department of Plant Pathology and Microbiology, the Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot 76-100, Israel, Ann. Rev. Phytopathology 19:211-36.
4. KATAN, J.; FISCHER, G.; GREINSTEIN, A. 1983. Short and longterm effects of soil solarization and crop sequence on fusarium wilt and yield of cotton in Israel. The American Phytopathological Society, Vol. 73. N° 8.
5. LA MONDIA J.A.; BRODIE, B.B. 1984. Control of *Globodera rostochiensis* by solar heatplant disease 68:474-476.

6. PULLMAN, G.S.; DEVAY, J.E.; GARBER, R.H. 1981. Soilsolarization and thermal death: A logarithmic relationship between time and temperature for soilborne plant pathogens. The American Phytopathological Society 1981. Vol. 71, N° 9.
7. PULLMAN, G.S.; DEVAY, J.E.; GARBER, R.H.; WEINHOLD, A.R. 1981. "Soil solarization effects on *Verticillium* wilt of cotton and soilborne populations of *Verticillium dahliae*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, and *Thielaviopsis basicola*". The American Phytopathological Society.
8. RAYMUNDO, S.A. 1986. Effect of soil solarization with plastics of different thicknesses on the control of *Meloidogyne incognita* [Efecto de la solarización del suelo con diferentes grosores de plástico en el control de *Meloidogyne incognita*]. Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969, Lima, Perú. Fitopatología. Vol. 21 (1) mayo.
9. RAYMUNDO, S.A.; ALCAZAR, J.; SALAS, R. 1985. Efecto de la solarización del suelo en diferentes tiempos de exposición para el control del nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne incognita*). Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969, Lima, Perú. Convención Entomológica Puno.
10. RAYMUNDO, S.A.; ALCAZAR, J.; SALAS, R. 1985. Comportamiento de plástico nuevo y usado en la eficiencia de solarización del suelo para el control del nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne incognita*). Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969, Lima, Perú. Convención Entomológica Puno.
11. RAYMUNDO, S.A.; ALCAZAR, J.; SALAS, R.; AGUILAR, J. 1985. "Eficiencia de la solarización del suelo en el control del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne incognita*) en relación al damozet y bromuro de metilo, en camas de almácigo". Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969, Lima, Perú. Convención Entomológica Puno.
12. RAYMUNDO, S.A.; ALCAZAR, J.; SALAS, R. 1986. Effects of soil solarization damozet and metilbromide on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood and yield of potato under seed bed conditions. Centro Internacional de la Papa - Apartado 5969, Lima, Perú. Phil. Agr. 69: 89-97.

13. STAPLETON, J.J.; DEVAY, J.E. 1983. Response of phyto-parasitic and faceliving nematodes to soil solariza-tion and 1,3 - Richlocopropone in California. The American Phytopathological Society. Vol. 73. N° 10.
14. TORRES, H.; RAYMUNDO, S.A. 1986. Effect of solari-zation, steam and fumigants on the soil microorganisms. [Efecto de la solarización, vapor de agua y fumigantes químicos sobre microorganismos de suelo]. Centro Internacional de la Papa. Apartado 5969. Lima, Perú. Fitopatología. Vol. 21 (1) mayo.

CAMARA DE TERMOTERAPIA DE BAJO COSTO PARA LA ERRADICACION DEL VIRUS DE LA PAPA

Juan Aguilar ¹⁶
César Vittorelli ¹⁷
Oscar Santisteban K. ¹⁸

1. INTRODUCCION

En el cultivo de la papa, el tubérculo-semilla puede ser portador de enfermedades virósicas que se diseminan en los campos semilleros rápidamente por contacto o por insectos vectores.

La presencia o ausencia de virus en la planta de papa puede ser detectada por diferentes metodologías, tales como la serología y las plantas indicadoras.

La eliminación de estos patógenos para la producción de "Semilla Básica", generalmente es efectuada por entidades especializadas en la erradicación de los mismos, a través de diversos procedimientos. Uno de los principales y más eficaces métodos es la termoterapia, C.L.L y Collet (1985), Pennazio y Vecchiati (1978), Smith y Mellor (1970), Schilde y Espinoza (1981), la cual es un paso dentro de todo el proceso que implica desde la erradicación de los virus, desarrollo de los meristemas, pruebas serológicas y métodos de multiplicación acelerada, para la producción de semilla (Diagrama 1).

El Programa Nacional de Papa del Perú, con aportes del Convenio INIAA-CIP-COTESU, ha desarrollado en la Estación Experimental La Molina (Lima), una cámara de termoterapia, sencilla, práctica y de bajo costo. Dicha cámara ha demostrado ser eficiente en la erradicación de los virus de las principales variedades mejoradas y nativas usadas por el Programa Nacional en la producción de semilla de papa.

El presente boletín indica la manera cómo construirla para que pueda ser utilizada por cualquier programa de producción de semilla.

¹⁶ Especialista en Producción de Semilla Básica INIA - SEINPA

¹⁷ Líder Proyecto SEINPA - INIA

¹⁸ Catedrático Universidad Nacional de Cajamarca.

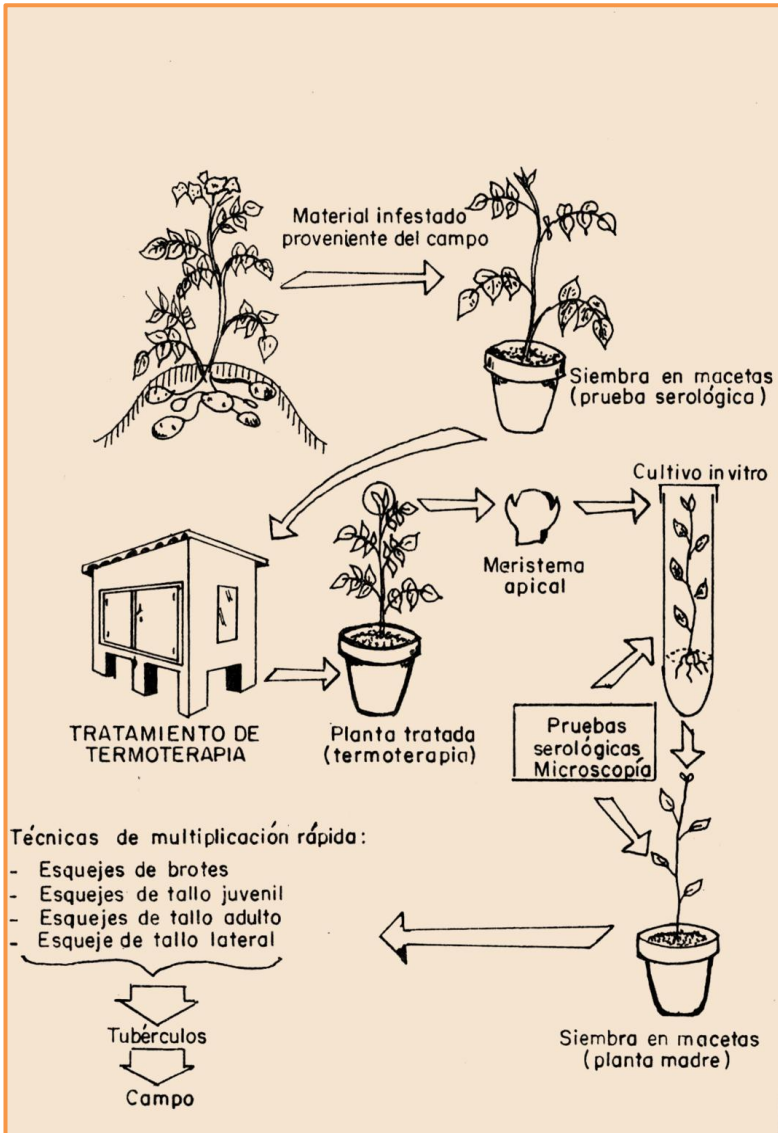


Diagrama 1. Esquema del proceso de limpieza

2. CONSTRUCCION

Cimientos

Los cimientos o zapatas consisten en seis (6) cubos de 0,45 m de lado, dentro de una superficie rectangular de 2,02 m x 1,33 m, colocados cuatro en las esquinas y dos en la parte central de los lados más largos (plano: planta).

Para los cimientos utilice una mezcla ciclópea de hormigón, arena, cemento y piedra gruesa (figura 1, plano B).

Pilares

Sobre las zapatas asiente ladrillo con una mezcla de arena y cemento en posición de amarre, para levantar seis pilares hasta una altura de 0,60 m (figura 1, plano: elevación). Esto le permitirá construir la cámara a una altura que facilitará las operaciones de carga y descarga de las macetas con las plantas que recibirán el tratamiento.

Piso: Base de la cámara

La base de la cámara es un piso de concreto (cemento, hormigón y arena). Vacíelo sobre un encofrado de madera construido a la altura de los pilares, haciendo un rectángulo de 2,02 m de largo x 1,33 m de ancho x 0,12 m de espesor.

El piso deberá llevar una parrilla de fierro de construcción formada por varillas longitudinales de 1,27 cm (1/2") de diámetro y varillas transversales de 0,63 cm (1/4") de diámetro, equidistantes entre sí a 0,25 m, unidas con alambre de amarre. A través del espesor de la loza coloque un tubo de fierro galvanizado de 1,27 cm (1/2") de diámetro con rosca en el extremo inferior donde se insertará un codo, cuya finalidad será drenar el agua de la poza dentro de la cámara luego de terminar cada proceso o tratamiento (figura 2).

Paredes

Levante paredes sobre el contorno del piso de concreto, con ladrillo en posición de costado. Cada pared tiene características específicas debido a los implementos que se instalarán:

Pared frontal (Plano: A)

La pared frontal lleva una puerta de madera machihembrada de 1,77 m x 1,00 m (figura 1). Sobre el marco superior de la ventana coloque un dintel de concreto armado con alma de fierro de construcción de 1,27 cm (1/2") de diámetro (figura 2).

Complete el espacio entre el dintel y el techo (0,33 m) con ladrillos.

En la parte superior, dentro de una caja de madera empotrada ligeramente en la pared (figuras 1 y 3), coloque la llave interruptora para prender o apagar el ventilador colocado en el interior.

Pared posterior (Plano: B)

En la parte interna de la pared perforo seis huecos de 3 cm de profundidad con la broca de 0,79 cm (5/16") e introduzca en ellos tarugos de madera. En éstos, fije seis aisladores de cerámica de 5,08 cm (2") que sostienen las 3 resistencias de nicrón de 1 000 W cada una (figuras 2 y 3). Instale las resistencias en paralelo y ubíquelas equidistantes para proporcionar la temperatura necesaria dentro de la cámara, siendo controladas por el termostato.

Pared lateral derecha (Plano: C)

Al construir este lado deje el espacio para una ventana con una dimensión de 0,70 m x 0,35 m, coloque un marco de madera de 7,5 cm x 7,5 cm de espesor. Las caras interior y exterior del marco tienen un rebaje o bruña de 3 mm de profundidad donde se colocarán 2 vidrios quedando separados 7 cm entre ambos lados. Sujete los vidrios por junquillos de madera con tornillos para poder desmontarlos fácilmente en caso de que se quiebren. El uso del doble vidrio, insertos uno a cada lado del marco, permite formar una cámara de aire que sirve como aislamiento entre el ambiente interno y externo, evitando así fugas o pérdidas de calor.

La ventana facilita las observaciones directas de las plantas en tratamiento y los registros de temperatura y humedad relativa; controle y reajuste estos parámetros desde el exterior con el reloj graduable del termostato, sin necesidad de abrir la cámara (figura 1).

La caja del termostato está empotrada a 8 cm de la superficie exterior de la pared. Tiene un orificio hacia el interior de la cámara en donde se colocará el tubo sensor de cobre del termostato que tiene una longitud de 30 cm (figuras 1 y 3). Para proteger el tubo sensor, en el orificio coloque un tubo de plástico con un diámetro ligeramente mayor y cuya longitud será el ancho de la pared.

El rango de graduación del termostato (10 °C a 90 °C) queda dentro de la caja empotrada, hacia el exterior, para facilitar su graduación, de acuerdo a la temperatura leída a través de la ventana. Conecte el termostato a la red eléctrica de las resistencias que a su vez se unen a la llave principal de electricidad.

El interruptor principal de electricidad colocado a una caja de seguridad, consiste en una llave de cuchilla de 30 A y 250 V que recibe la fuente de electricidad disponible. De aquí se distribuyen los cables que conectan la luz interior, el termostato, las resistencias de calor y el ventilador (figuras 1 y 3).

Coloque el termohigrómetro por la parte interna del marco de la ventana con las escalas mirando al exterior para poder efectuar las lecturas desde afuera y comprobar el buen funcionamiento del termostato y de todo el sistema en el interior (figuras 1 y 3).

Este instrumento consta de un termómetro de columna de mercurio con escala de 30 °C a 50 °C y un higrómetro de precisión de cabello con escala de 0 a 100 % de HR.

Pared lateral izquierda (Plano: D)

En la pared interna de esta pared, al centro y a una altura aproximada de 0,90 m instale el ventilador que tiene por finalidad recircular el aire caliente en el interior producido por las resistencias y así uniformizar la temperatura en todo el ambiente de la cámara (figura 2).

El ventilador es el modelo usado en refrigeración con motor sellado para evitar que la humedad malogre el embobinado.

Las características principales de este ventilador son:

- Motor eléctrico MECA (Italia) de 10 W, 220/1/60, 1450 RPM, con hélice de aluminio de 10" y base metálica para soporte, o,
- Motor eléctrico General Electric (USA) de 5 W, 220/1/60, 1550 RPM, con hélice de aluminio de 8 3/4" y base metálica para soporte.

Techo (Plano: A y C)

El techo consiste en dos planchas de calamina de eternit, que permite un mayor aislamiento que la de ojalata.

Dicha calamina se apoya en una viga de madera cuadrada de 5 cm de lado x 2,00 m de largo, colocada en forma transversal en el medio de las paredes laterales y al ras del borde superior de las mismas (figuras 1 y 2).

Además de sostener el techo permite colocar el tubo galvanizado de 0,63 cm (1/4") por donde pasa el alambre eléctrico para el foco de luz incandescente, quedando éste al centro de la cámara (Foco de 200 W) (figuras 2).

Fije la calamina de eternit mediante clavos, a los listones empotrados también en la parte superior de las paredes laterales.

Por la parte interna, el techo debe quedar hermético, por lo tanto es necesario cubrir con cemento o yeso todas las aberturas o rendijas que puedan quedar al fijar las planchas.

Encima del eternit coloque una torta de barro de 2,5 cm de espesor. Esta sirve para aumentar el aislamiento y evitar cualquier irradiación de calor.

Asimismo evita incrementos de temperatura en el interior de la cámara por incidencia de los rayos solares.

Se hace notar que el techo tiene cierta inclinación para que escurra el agua de lluvia en caso que ésta se presente.

DETALLES

- **Interruptor del ventilador**

La llave va conectada al ventilador a través de un agujero en el marco superior de la puerta. Esta llave es de cuchilla de 20 W, 250 V y está resguardada en una caja de madera de 6" x 8" x 4" con tapa.

- **Puerta de madera machihembrada**

Estas son de dos hojas con un bastidor de 5 cm de espesor por 7,5 cm de ancho, con paneles de madera machihembrada de 2 cm de espesor. Las dimensiones de cada hoja de la puerta son 92,5 cm x 87 cm. En el borde de unión de éstas lleva un traslape para que quede lo más hermético posible. Por la experiencia se sabe que existen pequeñas fugas de calor por los resquicios, las cuales no son significativas (figura 1).

- **Poza de agua**

Interiormente, sobre la loza de concreto que sirve de base de la cámara, efectúe un enlucido con cemento y arena fina. Luego levante un pequeño muro de 8 cm de alto por 5 cm de espesor inmediatamente detrás de la parte inferior del marco de la puerta, de modo que se proteja ésta del agua. Posteriormente, en todo el perímetro interno de la base, levante un zócalo continuo de 8 cm de alto por 2 cm de espesor, impermeabilizando toda la poza con cemento puro.

El hueco del desagüe debe tener un avellanado para facilitar la evacuación del agua después de cada tratamiento y en donde se fija un tapón de goma o corcho. La finalidad de empozar el agua es la de proporcionar la humedad relativa interior deseada, de acuerdo a la altura de la película de la misma (figura 2 y 3).

- **Foco de luz**

Coloque el foco de luz incandescente pavonado de 25 W, 220 V en el centro superior de la cámara a través de un sóquete de

5,08 cm (2") de diámetro que se fija con un codo al tubo galvanizado que va clavado a la viga que soporta el techo. La función del foco es la de proporcionar la energía lumínica (160 W/m^2) para un rápido desarrollo de las plantas (figuras 2 y 3).

- **Enlucidos**

Enlucir las partes internas y externas de la cámara así como los pilares de ladrillo con un revestimiento de cemento con arena fina de río (figura 2), con la finalidad de efectuar un mejor mantenimiento de la estructura. Luego pinte con pintura blanca de látex.

TIEMPO DE TRATAMIENTO

Siembre las plantas provenientes de tubérculos infectados individualmente en macetas en un invernadero apropiado. Cuando alcancen una altura de 20 cm efectúe una poda apical o despunte, e introdúzcalas en la cámara de termoterapia. Colóquelas sobre macetas vacías invertidas para evitar el contacto con el agua. Así, las plantas son sometidas durante 3-4 semanas a $38 \text{ }^\circ\text{C}$ de temperatura y 85 % de humedad relativa y a la luz continua. La cámara tiene una capacidad de 12 macetas (figura 3), las cuales se colocan evitando el rozamiento entre plantas.

Efectúe las pruebas serológicas correspondientes de las plantas, antes de ser sometidas al tratamiento por termoterapia, para tener conocimiento de qué virus deben ser erradicados durante el tratamiento. Después del tratamiento obtenga los meristemas; hágalos desarrollar *in vitro* y antes de empezar su multiplicación realice nuevamente las pruebas serológicas incidiendo específicamente en aquellos virus que se presentaron antes del proceso.

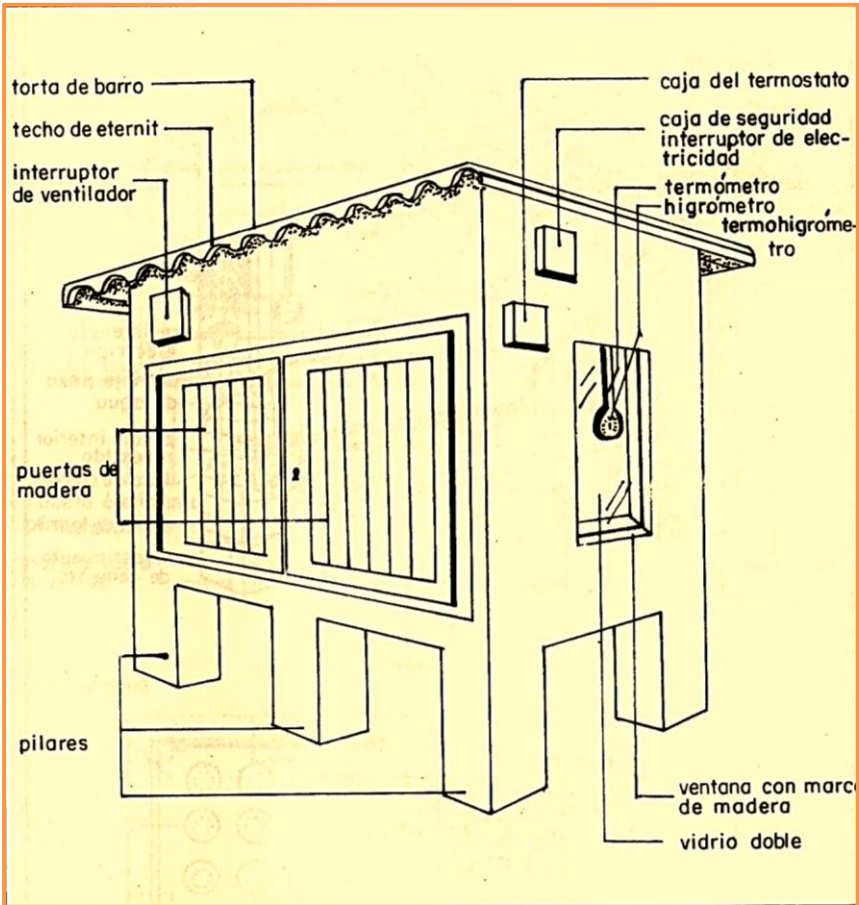


Figura 1. Cámara de termoterapia (descripción)

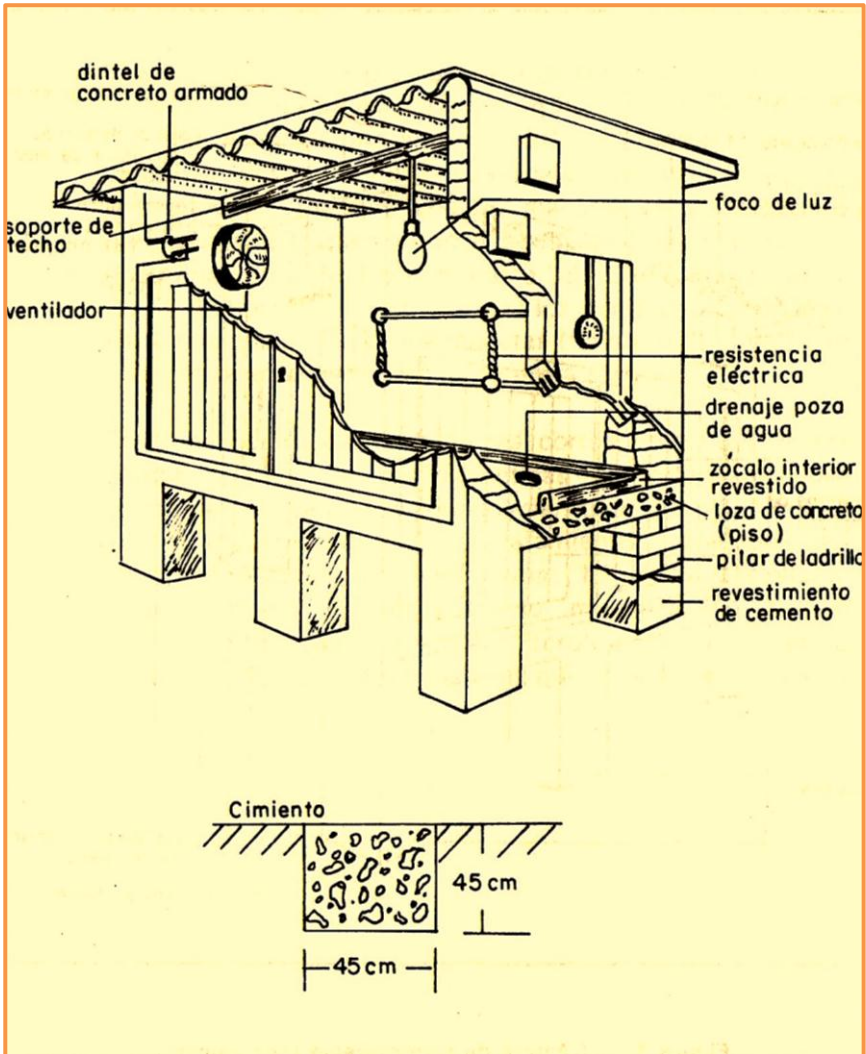


Figura 2. Cámara de termoterapia (en corte)

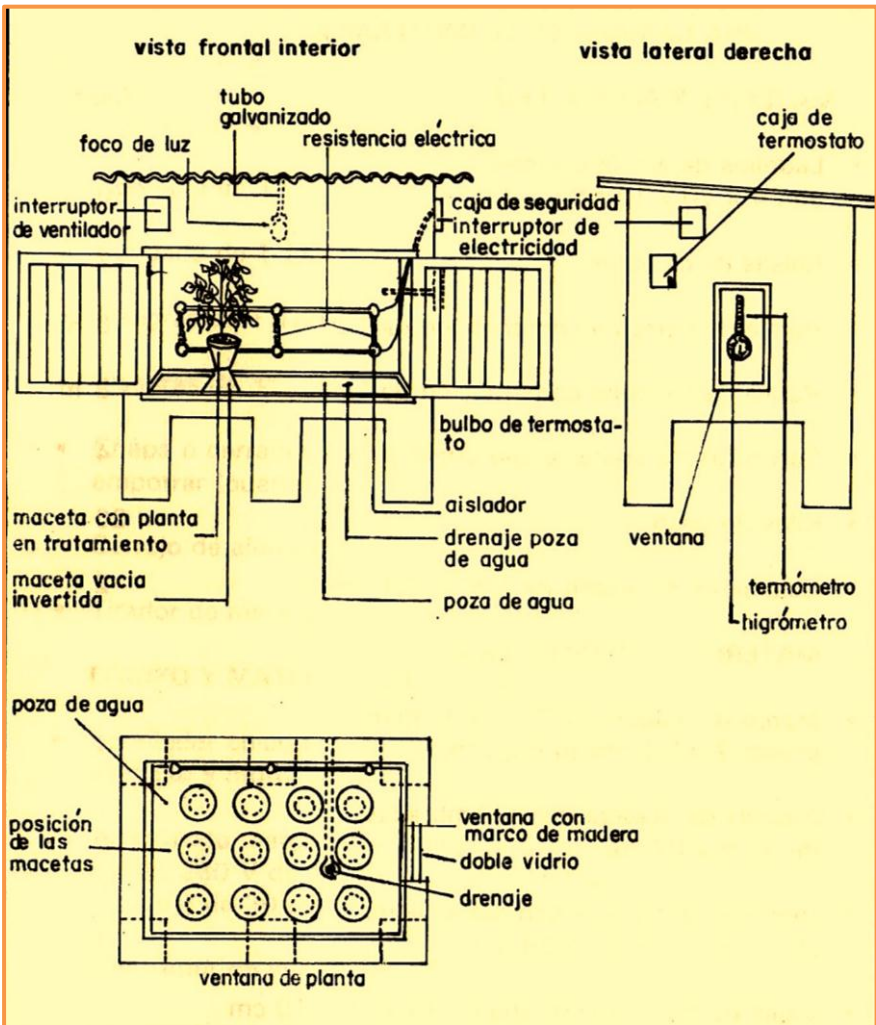


Figura 3. Cámara de termoterapia (detalles)

3. MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CAMARA DE TERMOTERAPIA

MATERIAL Y ALBAÑILERIA

Cant.

- | | |
|---|-----|
| • Ladrillos de arcilla cocidos de 24 x 10 x 12 cm | 360 |
| • Bolsas de cemento | 2 |
| • Varilla de fierro de construcción de 1/2" | 8 m |
| • Varilla de fierro de construcción de 1/4" | 8 m |
| • Carretillas de arena, a tipo bugui | 4 |
| • Kilos de yeso | 20 |
| • Calaminas de eternit de 1,52 x 1,10 m | 2 |

MATERIAL DE CARPINTERIA

- | | |
|--|---|
| • Marco de madera de 1,77 x 1,00 m, grosor 7 x 6,5 cm traslapado | 1 |
| • Puertas de madera machihembradas de 92,5 x 87 cm | 2 |
| • Ventana de madera con doble vidrio incorporado de 70 x 34 cm | 1 |
| • Cajas de madera con tapa de 20 x 15 x 10 cm para proteger llaves de cuchilla y otros | 3 |
| • Viga de madera para el techo de 5 x 5 cm de espesor de 2 m de largo | 1 |

MATERIAL DE FERRETERIA

- | | |
|--|---|
| • Aldabas de 2" | 3 |
| • Aldabas de 4" | 1 |
| • Candado de 1" | 3 |
| • Candado de 1 1/2" | 1 |
| • Bisagras de 1 1/2" | 6 |
| • Bisagras de 3" | 4 |
| • Chapa o cerradura chica con llave para empotrar (puerta) | 1 |
| • Cerrojo de aluminio | 1 |
| • Tirador de metal para puerta | 1 |

EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO

- Ventilador chico con hélice de aluminio y motor sellado 1
- Termostato marca IMIT (Italia) tipo ZM4c; 250 V de 10-90 °C; bulbo tubular de cobre de 30 cm 1
- Interruptor de cuchilla de 20 A, 250 V 1
- Resistencia marca Power Development Co., de micrón de 1 000 W enrollado en cuerpo de cerámica de 10" (250 mm) 3
- Aisladores de cerámica de 1,5" con tornillo 6
- Alambre de cobre N° 8 3 m
- Spaguetti aislante de fibra de vidrio de 1/2" de diámetro 3 m
- Foco de luz incandescente, pavonado, de 250 W, 220 V 1
- Sóquete de cerámica de 2" de diámetro 1
- Tubo de fierro galvanizado de 1/4" 1 m
- Codo de fierro galvanizado de 1/4" 1
- Cordón eléctrico NEOPRENE N° 16 4 m

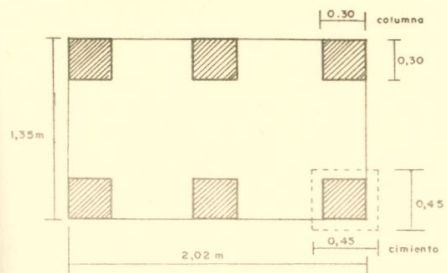
EQUIPO DE REGISTRO

- Termohigrómetro (Termómetro de columna de Hg de 30-50 °C, Higrómetro de precisión de pelo de caballo a 100 % de HR) 1

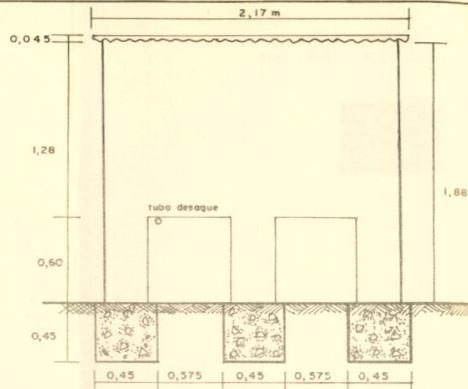
4. BIBLIOGRAFIA

1. ARUTA, M. C.; FUENTEALVA, A. J. Obtención de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) libres de virus mediante termoterapia y cultivo de meristemas. Dr. M. Roggio, 25 de Mayo 347, Of. 445, Buenos Aires, Argentina.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA. 1983. Principales enfermedades, nematodos e insectos de la papa.
3. Le, C.L. et COLLET, G.F. 1985. Station Fédérale de Recherches Agronomiques de Changius, CH-1260 Nyon. "Methode de Combinant La Thermothérapie in vitro et La Culture de Meristemes" Premiers Résultats. Revue suisse Agric. 17 (4): 221-225.
4. PENNAZIO, S; VECCHIATI, M. 1978. Potato Virus X Eradication from Meristems Tips Held at 30°C. Laboratorio de Fitovirologia Applicata de CNR, Via O. Vigliani, 104. Torino, Italy. Potato Res. 21 () 19-22. Short communication.
5. PENNAZIO, S.; VECCHIATI, M. Potato Virus X Eradication from Potato Meristem Tips Held at 30 °C. Short communication.
6. SCHILDE, L.; ESPINOZA, M. 1981. "Elimination of Pathogen and Storage of Valuable Clones by Tissue Culture". Lima, Perú. CIP
7. STACE-SMITH, R.; MELLOR, F.C. 1970. Eradication of Potato Spindle Tuber Virus by Thermoterapy and Axillary Bud Culture. Plant Pathologist, Canada Agriculture Research Station, 6660 N.W. Marine Drive, Vancouver 8, British Columbia, Canada. Dec.

PLANTA :

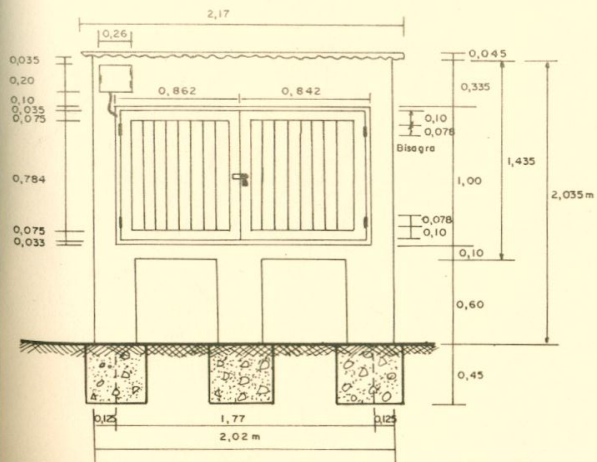


B. Vista Posterior

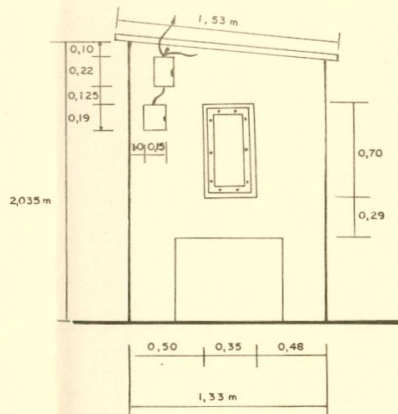


ELEVACION :

A. Vista Frontal



C. Vista Lateral derecha



CAMARA DE
TERMOTERAPIA

ESCALA 1:25

D. Vista Lateral izquierda

