

# Carbón y marchitez bacteriana: enfermedades cuarentenarias de la papa presentes en el sur de Chile, que amenazan el área libre



**Rafael Galdames G.**  
Ingeniero Agrónomo, Dr.  
Fitopatólogo, investigador INIA Carillanca



**Eduardo Gutiérrez R.**  
Técnico en Biotecnología Industrial  
Ayudante investigación INIA Carillanca



**Estas dos enfermedades son extremadamente dañinas y amenazan permanentemente la zona productora de semilla certificada en Chile, lo que puede acarrear desastrosas pérdidas económicas. A pesar de su importancia, las medidas de control son limitadas, exigiendo urgentemente mejorar las estrategias para su manejo.**

**E**n Chile, a la zona que incluye la provincia de Arauco y las regiones de La Araucanía al sur se le denomina “área libre”, por ser posible la producción de semilla de papa certificada, reconociéndose en ese territorio condiciones ambientales y sanitarias propicias para producir semilla con altos estándares de calidad (Resolución N° 3.276/2016 del Servicio Agrícola y Ganadero). Sin embargo, una de las mayores amenazas para el proceso de certificación corresponde

a la presencia de enfermedades de naturaleza cuarentenaria, es decir, patologías de alto potencial de daño y que, aunque presentes en el área libre, se encuentran bajo control oficial por el SAG, con el objetivo de evitar su dispersión a zonas no contaminadas.

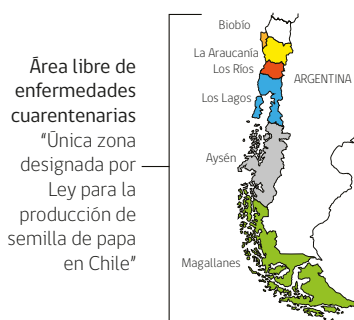
### Carbón de la papa

Para esta enfermedad y su agente causal, los mayores aportes al conocimiento a nivel mundial sobre la biología, epidemiología y diagnóstico,

fueron generados por investigadores de INIA, a través del proyecto Fondo SAG 58-14-100, dirigido por el Dr. Orlando Andrade a partir del año 2001.

**Agente causal, distribución mundial, rango de hospederos y pérdidas:** el carbón es causado por el hongo basidiomycete *Thecaphora solani*. Es una enfermedad de origen andino presente en Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Además, se ha detectado en Centro América (Panamá) y Norte América

**Situación actual de los focos y superficie comprometida por carbón y marchitez bacteriana, dos enfermedades cuarentenarias presentes pero no ampliamente distribuidas, y que están siendo oficialmente controladas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG, enero 2019).**



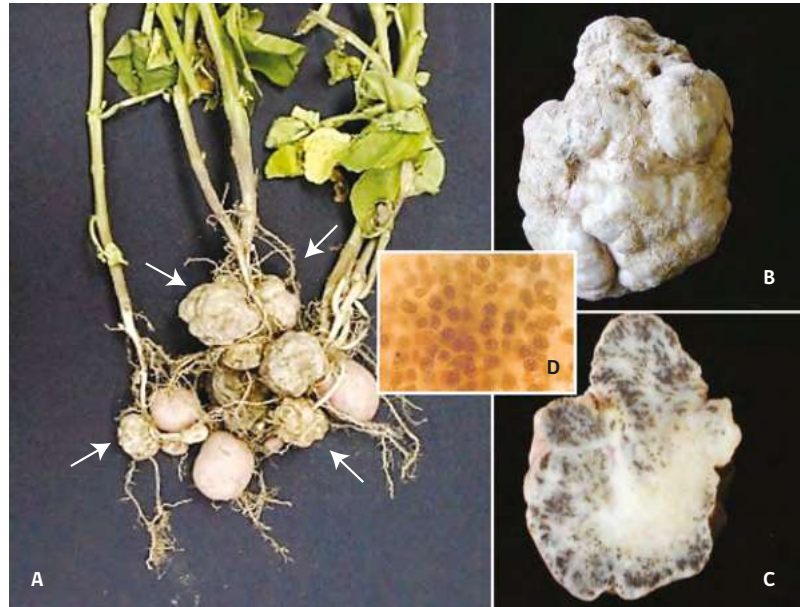
Plaga	Región	Número focos	Superficie (ha)
Carbón ( <i>T. solanii</i> )	Biobío (Prov. Arauco)	10	35,15
	La Araucanía	100	425,7
Marchitez ( <i>R. solanacearum</i> )	La Araucanía	56	553,2
	Los Ríos	7	256,1

(México). En países europeos, al igual que en Estados Unidos, para minimizar riesgos de ingreso de este patógeno se aplican estrictas medidas regulatorias y de control. En Chile, esta enfermedad fue detectada en La Serena por el SAG durante 1975. Actualmente, se encuentra presente en la zona norte (regiones de Tarapacá y Coquimbo), central (región de Valparaíso) y centro sur y sur (provincia de Arauco y región de La Araucanía).

El patógeno afecta principalmente a la papa (*Solanum tuberosum*), así como a otras especies de *Solanum* que producen tubérculos. El tomate (*S. lycopersicon*) y algunas malezas como chamico (*Datura stramonium*) y tomatillo (*S. nigrum*) también son hospederos. En el cultivo de papa puede causar significativas pérdidas productivas y de calidad, con caídas en el rendimiento que pueden llegar a un 90 %.

**Sintomatología:** la enfermedad se caracteriza por desarrollar agallas o tumores en tallos subterráneos, brotes, estolones y tubérculos. No produce síntomas aéreos ni tampoco en las raíces. Generalmente, las agallas varían de forma oval a irregular. Las de mayor tamaño son las desarrolladas en la base de los tallos subterráneos. Las agallas formadas en los tubérculos son variables en tamaño y en algunos casos pueden ser muy pequeñas y prácticamente imperceptibles. Al partir una agalla, se observan los soros o masas compactas de esporas (teliosporas) de color negro y de aspecto carbonoso (**FIGURA 1**).

**Sobrevivencia, transmisión y diseminación:** el hongo sobrevive a partir de esporas en el suelo, agallas o restos de tubérculos contaminados. Se ha determinado que la carga de esporas en el suelo va disminuyendo a través del tiempo en ausencia del cultivo, pero una pequeña proporción puede sobrevivir 7 o más años. Sin embargo, nuevas infecciones por la presencia de plantas hospederas (papas voluntarias y algunas malezas), podrían eventualmente incrementar



➦ **Figura 1.** A) Agallas de carbón adheridas a la base de los tallos. B) Agalla entera mostrando grietas e irregularidades en su superficie. C) Corte de la misma agalla, donde se observan áreas ennegrecidas de aspecto carbonoso y que corresponden a los soros llenos de teliosporas del hongo. D) Teliosporas observadas bajo microscopio de luz.

la carga de esporas en el suelo, lo cual hace pensar que el hongo podría permanecer por décadas contaminado un suelo. La enfermedad se transmite principalmente por semilla contaminada y, en consecuencia, representa la principal vía de diseminación y contaminación de suelos sanos. Otras formas de diseminación resultan del movimiento de suelo desde sectores contaminados, a través de maquinaria, implementos agrícolas, animales, sacos y escurrimiento de agua, entre otros.

### Marchitez bacteriana de la papa

**Agente causal, distribución, rango de hospederos y pérdidas:** es causada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, sin embargo, se reconoce en ella a un “complejo” de especies, ya que agrupa a numerosas cepas con alto grado de diversidad genética y fenotípica, que excede lo que se define como una especie única. Aislamientos de esta

bacteria han permitido asignarla a razas (según rango de hospederos) biovares (basados en características bioquímicas) o a filotipos y “secuevares” (basado en filogenia según secuencias de ADN). Estudios internacionales aún más recientes, basados en secuencias genómicas completas, han permitido reafirmar que las cepas antes descritas como Raza 3 biovar 2 (determinada también en Chile afectando papa), pertenecen al secuevar I, dentro del filotipo IIB, y corresponden a las que mayoritariamente afectan al cultivo de la papa a nivel mundial.

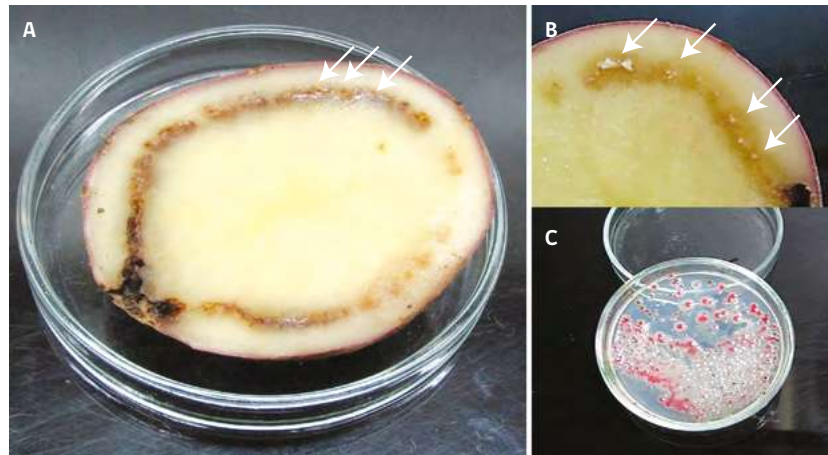
La enfermedad se encuentra presente en numerosos países productores de papa. En algunos de ellos, después de detectar focos, han logrado erradicarla. En Chile fue identificada por primera vez asociada a tubérculos de papa en la localidad de Lonquén (comuna de Talagante, Región Metropolitana) en 1982. En 2009 fue detectada en la región de La Araucanía y en 2013 en la región de Los Ríos. Su distribución actual incluye, además,

las regiones de Valparaíso, O'Higgins, del Maule y Metropolitana.

El rango de hospederos no es claro, sin embargo, a *R. solanacearum* (como complejo de especies) le han descrito por sobre 250 hospederos pertenecientes a 54 familias botánicas. Las plantas que pertenecen a la familia solanácea son consideradas particularmente susceptibles, incluyendo junto a la papa importantes cultivos como el tomate (*Solanum lycopersicum*), berenjena (*S. melongena*), ají (*Capsicum annuum*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*). A nivel mundial, y producto de esta enfermedad, se han estimado pérdidas del orden de mil millones de dólares anuales. Por su condición de cuarentenaria, es responsable también de importantes pérdidas por las medidas regulatorias, de erradicación y/o de cuarentena que implementan muchos países, al detectar focos o suelos contaminados.

**Sintomatología:** la marchitez foliar acompañada de un ligero amarillamiento es el síntoma inicial característico. La marchitez puede ser parcial (un solo lado de la hoja o una rama) o completa, cuando esto último ocurre ocasiona la muerte de la planta. Los síntomas pueden presentarse en cualquier estado de desarrollo de la planta y el retraso en su crecimiento es otro síntoma frecuente. Al hacer cortes longitudinales de tallos o estolones infectados se observa pardeamiento vascular, visible como rayas largas, estrechas y de color café.

A la cosecha y en ataques severos, los tubérculos pueden presentar exudado o mucus bacteriano en los ojos del tubérculo o al extremo del estolón, lo que ocasiona que la tierra se adhiera a estas secreciones. Al hacer un corte transversal en el tubérculo se observará una coloración café o parda del anillo vascular, y al presionar ligeramente se pueden observar más fácilmente exudaciones de aspecto lechoso (FIGURA 2). Como los síntomas aéreos son fáciles de confundir, la forma más segura de identificación en campo es verificar la secreción o flujo



➤ **Figura 2.** A) Tubérculo cortado donde se observa internamente la coloración café del anillo vascular y exudados de mucus bacteriano (indicado con flechas). B) Acercamiento en tubérculo contaminado. C) Colonias de *R. solanacearum* creciendo en medio TZC, donde se aprecia el color rojo característico rodeado de una zona blanca.

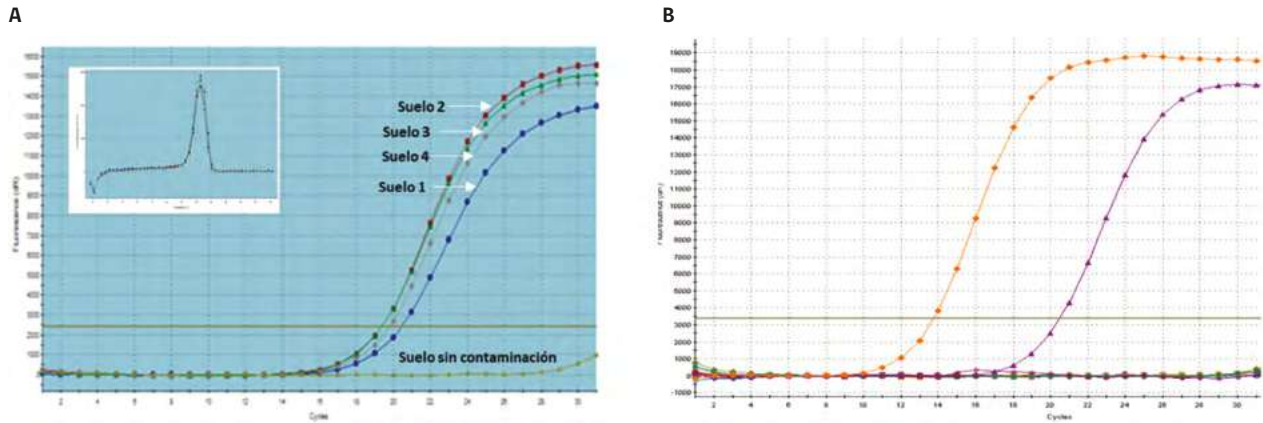
bacteriano de tallos y de exudados o mucus bacteriano en tubérculos.

**Sobrevivencia, transmisión y diseminación:** la bacteria sobrevive en el suelo, principalmente en restos de plantas contaminadas, en raíces y/o rizósfera de diferentes hospederos (malezas, cultivos, papas voluntarias). La principal vía de diseminación es el empleo de tubérculo contaminado. Además, el escurrimiento de agua contaminada por lluvia y riego, y suelo adherido a zapatos, implementos agrícolas o maquinaria, también contribuyen a su diseminación. La infección por la bacteria es facilitada por heridas causadas por herramientas y por nemátodos o insectos de suelo.

**Medidas de control:** estas dos patologías deben prevenirse, considerando que su control es difícil o exige implementar medidas de alto costo y de efectividad parcial. La experiencia nacional e internacional señala que las estrategias de control preventivo son las más efectivas, y descansan en dos pilares fundamentales: empleo de semilla certificada o libre de infección, y sembrar en suelos libres de contaminación.

#### Diagnóstico molecular de contaminación en suelo:

en 2005, para *T. solani*, INIA patentó el primer método molecular de diagnóstico a nivel mundial (PCR convencional en dos pasos o PCR anidado; Patente N° 46501, Instituto Nacional de Propiedad Industrial, INAPI-Chile), el que actualmente emplea el SAG como herramienta de diagnóstico para verificar la contaminación en suelos, una vez cumplido los plazos de duración de la cuarentena. A la luz de los avances tecnológicos y en el marco del Programa de Innovación Tecnológica Aplicada a Procesos Productivos del Centro Regional de la Papa, región de La Araucanía; se ha implementado una nueva plataforma basada en PCR en tiempo real, que ofrece mejoras significativas desde el punto de vista de la sensibilidad, tiempos de respuesta y, particularmente, porque permite cuantificar la carga de inóculo (esporas /g de suelo). Esta plataforma también se ha extendido para la detección de inóculo de *R. solanacearum*, las cuales han sido aplicadas prioritariamente a la fecha, para confirmar la presencia o ausencia de contaminación en el suelo por estos patógenos y antes de establecer los semilleros (FIGURA 3).



**Figura 3.** A) Validación del método de detección de *T. solani* en suelo mediante PCR en tiempo real (ADN obtenido de 4 suelos contaminados y proporcionado por SAG, Lo Aguirre; más un control negativo). Figura recuadro superior (curva de disociación) da cuenta de la especificidad de la señal. B) Curvas de amplificación para dos muestras positivas y diez suelos que fueron confirmados como negativos (líneas planas inferiores) a contaminación por *T. solani* y que fueron seleccionados para establecer semilleros de papa en la región de La Araucanía.

**Cuadro 1.** Medidas de control de carácter preventivo que deben ser consideradas para minimizar riesgos de aparición de estas patologías.

Carbón	Marchitez
1. Emplear semilla libre de infección La semilla certificada es la única que asegura esta condición.	
2. Sembrar en suelos sin contaminación INIA Carillanca ha implementado un método de detección molecular de contaminación en el suelo.	
3. Evitar el movimiento de suelo o material vegetal a suelos libres de patógeno Evitar usar maquinaria de sectores contaminados o de riesgo. Lavar y desinfectar implementos agrícolas o maquinaria.	
4. Rotación con cultivos no hospederos Cereales o leguminosas son las mejores opciones.	
5. Otras Realizar un buen control de malezas (especialmente Solanáceas) y plantas voluntarias de papa. Revisar periódicamente el cultivo y eliminar plantas sospechosas o material contaminado.	

### Medidas de manejo del carbón y marchitez de la papa en el área

El SAG ha definido diversas normas en los predios positivos a plagas cuarentenarias, orientadas a evitar la dispersión del agente patógeno, restringiendo y/o eliminando el uso de la semilla contaminada, aplicando medidas de sanitización, opciones de cultivos alternativos y de manejo de malezas hospederas, entre otras.

**Carbón de la papa.** Un predio cuarentenado tiene prohibición por 12 años antes de volver a ser cultivado nuevamente con papa. Cumplido dicho período, se levanta definitivamente la prohibición, siempre y cuando se confirme la ausencia del patógeno en el suelo mediante análisis de laboratorio, de acuerdo a protocolos y procedimientos establecidos. De no cumplirse lo anterior, se extiende nuevamente la cuarentena por otros 12 años hasta que los resultados de un nuevo análisis de laboratorio lo permitan.

**Marchitez bacteriana.** Un predio cuarentenado tiene prohibición por 4 años antes de volver a ser cultivado nuevamente con papa. Cumplido dicho período, se levanta la prohibición siempre y cuando se confirme la ausencia del patógeno mediante análisis de laboratorio, de acuerdo a protocolos y procedimientos establecidos. De no cumplirse lo anterior, se podría extender nuevamente la cuarentena hasta que los resultados de un nuevo análisis de laboratorio lo permitan.

### Comentarios finales

Estas dos enfermedades son extremadamente dañinas y amenazan permanentemente la zona productora de semilla certificada en Chile, lo que puede acarrear desastrosas pérdidas económicas. A pesar de su importancia, las medidas de control son limitadas, exigiendo urgentemente mejorar las estrategias para su manejo. Finalmente, los agricultores deben comprender y aceptar, que al emplear semilla certificada evitan la principal vía de diseminación de estas patologías. Por lo anterior, se debe informar y denunciar el empleo de tubérculo-semillas provenientes de la zona norte o fuera del área libre. **TA**