

PIE NEGRO Y PUDRICIONES BLANDAS EN PAPA

Autores: Ivette Acuña B., Camila Sandoval S., Constanza Sepúlveda T.

La Pudrición blanda bacteriana es una sintomatología que afecta a varios cultivos y plantas ornamentales en todo el mundo, destacándose el género *Pectobacterium* como uno de los principales agentes causales, clasificado dentro de los 10 patógenos bacterianos más importantes que limita el rendimiento y calidad de los productos en la agricultura.

Dentro de su amplio rango de hospederos destacan los cultivos alimenticios como el maíz, arroz y papa, cultivos hortícolas (tomate, zanahoria, cebolla, lechuga, remolacha) y plantas ornamentales (lirios, orquídeas).

La papa es uno de los grandes cultivos afectados por especies pertenecientes a este género bacteriano. Esta bacteria genera pudrición en el tallo de la planta, denominado Pie negro (por su coloración) y Pudrición blanda en tubérculos. Esta sintomatología comúnmente está dada por *Pectobacterium atrosepticum* y *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum*, aunque en los últimos años se han descrito otras especies atacando papa alrededor de mundo.

Durante la década del 90, la especie *P. atrosepticum* fue descrita como el principal agente causal de Pudrición blanda y Pie negro en la zona sur de Chile, ocasionando alrededor de 20% de pérdidas en rendimiento con una incidencia del 40-100% dada como potencial de infección latente en tubérculo.

Durante los últimos 5 años la Pudrición blanda y Pie negro ha estado incrementado nuevamente, probablemente por la incorporación de riego en el manejo del cultivo, condiciones ambientales favorables, nuevas variedades de papa utilizadas, entre otros factores.

AGENTE CAUSAL

Distintas especies de *Pectobacterium* pueden infectar al cultivo de papa, dentro de las más conocidas y recurrentes en las diferentes zonas productoras, se encuentran *P. atrosepticum* y *P. carotovorum* subsp. *carotovorum*. Esta última tiene la habilidad para sobrevivir en diferentes ambientes dentro de una amplia gama de hospederos y se distribuye principalmente en zonas tropicales y templadas. Por el contrario, *P. atrosepticum* está confinada a climas fríos y condiciones de humedad, con un estrecho rango de hospedero, ligada casi exclusivamente a papa.

Las bacterias del género *Pectobacterium* son Gram negativas con forma de bastón, anaerobias facultativas, móviles con flagelo peritróico y pertenecen a la subdivisión γ -*Proteobacteria*, agrupada en la familia *Enterobacteriaceae*. Por mucho tiempo, fueron nombradas dentro del género *Erwinia*.

Este agente patógeno se caracteriza por sintetizar una masiva cantidad de enzimas capaces de degradar componentes de la pared celular de su hospedero. Así, una vez que ingresa a la planta ya

sea mediante heridas y/o aperturas naturales como las lenticelas, este se multiplica y comienza a producir pectinasas, celulasas, proteasas y xilanasas, que son las responsables de la maceración del tejido vegetal e indirectamente de su muerte celular, reportándose las pectinasas como las más importantes en la patogénesis (Foto 1).



Foto 1. Tubérculo de papa con pudrición blanda, tejido vegetal macerado, producido por bacteria del tipo *Pectobacterium*. Fuente: INIA Remehue.

SINTOMATOLOGÍA

Se pueden producir síntomas asociados al tubérculo como a la planta (en cualquier estado de desarrollo). El término Pudrición blanda se asocia a los síntomas producidos por *Pectobacterium* en los tubérculos, mientras que Pie negro a los ocasionados en la parte aérea de la planta de papa.

Síntomas en tubérculos: los síntomas de Pudrición blanda en tubérculo varían desde una ligera decoloración vascular al extremo del estolón, hasta una pudrición que compromete todo el tubérculo. El tejido afectado es húmedo, de color crema y consistencia blanda, fácilmente separable del tejido sano (Foto 2). A medida que avanza el daño adquiere un olor desagradable, debido a la presencia de organismos secundarios.

Tubérculos:
Decoloración a pudrición completa.
Tejido afectado es húmedo, color crema y blando.



Foto 2. Tubérculos de papa con pudrición blanda. Se observa pudrición húmeda y blanda de un color crema provocada por *Pectobacterium* spp. Fuente: INIA Remehue.

Cabe recordar, que este ataque se puede producir en el suelo antes de la cosecha o durante el almacenamiento (Foto 3). Malas condiciones en el almacenamiento pueden provocar focos de infección, por lo que se recomienda mantener una buena ventilación y condiciones de temperaturas óptimas para evitar condensación de agua sobre los tubérculos.



Foto 3. Pudrición de tubérculos en bodega. Se observa desarrollo de la enfermedad en la zona húmeda, debido a las condiciones de almacenamiento. Fuente: INIA Remehue.

Síntomas en planta: los tallos de las plantas con Pie negro muestran una pudrición de color negro, la cual empieza con la pudrición del tubérculo semilla y se extiende hacia arriba en el tallo, afectando todo el tallo o solo unos centímetros en la base. El tejido foliar se vuelve clorótico, los folíolos tienden a envolverse hacia arriba para luego marchitarse a causa de la obstrucción de los haces vasculares en la base de la planta. También, se pueden presentar pudriciones de tallos asociados a daño mecánico durante el desarrollo del cultivo producto de la entrada de aerosoles bacterianos con *Pectobacterium*. Cabe mencionar, que los síntomas pueden darse en cualquier estado de desarrollo de las plantas de papa.



Tallos de plantas:
Pudrición negra que se
extiende hacia arriba del
tallo

Foto 3. Planta de papa afectada con pudrición de color negro debido a la infección por *Pectobacterium* spp. Fuente: INIA-Remehue.

Hojas:
Cloróticos, foliolos se
envuelven hacia arriba
y luego se marchitan.

EPIDEMIOLOGÍA Y CICLO BIOLÓGICO

Se considera que la principal fuente de inóculo en el cultivo es el tubérculo madre infectado, muchas veces en forma latente, aquí las bacterias se encuentran en las lenticelas y heridas o bien dentro del sistema vascular, expresándose solo si las condiciones ambientales favorecen su crecimiento y el desarrollo de la enfermedad.

Este patógeno es de tipo anaerobio facultativo, por lo que bajo condiciones inadecuadas de almacenamiento, la pudrición comenzará en zonas de condensación, donde se forma una lámina de agua, facilitando la activación de la bacteria, originándose la maceración y muerte celular del tejido vegetal gracias a la acción de sus enzimas degradadoras de pared celular.

El potencial para la Pudrición blanda está influenciado por el número y posición de las células bacterianas en las lenticelas, presencia y tipo de heridas, edad de los tubérculos, susceptibilidad del cultivar, niveles de calcio y potencial de agua de los tejidos.

Además, estas bacterias pueden ser transportadas desde plantas enfermas mediante el vuelo de insectos, teniendo como consecuencia la diseminación a otros cultivos de papas. También pueden estar presentes en aerosoles producidos por el impacto de la lluvia sobre plantas enfermas y que son llevados por el viento a otras plantas produciendo infección en heridas expuestas.

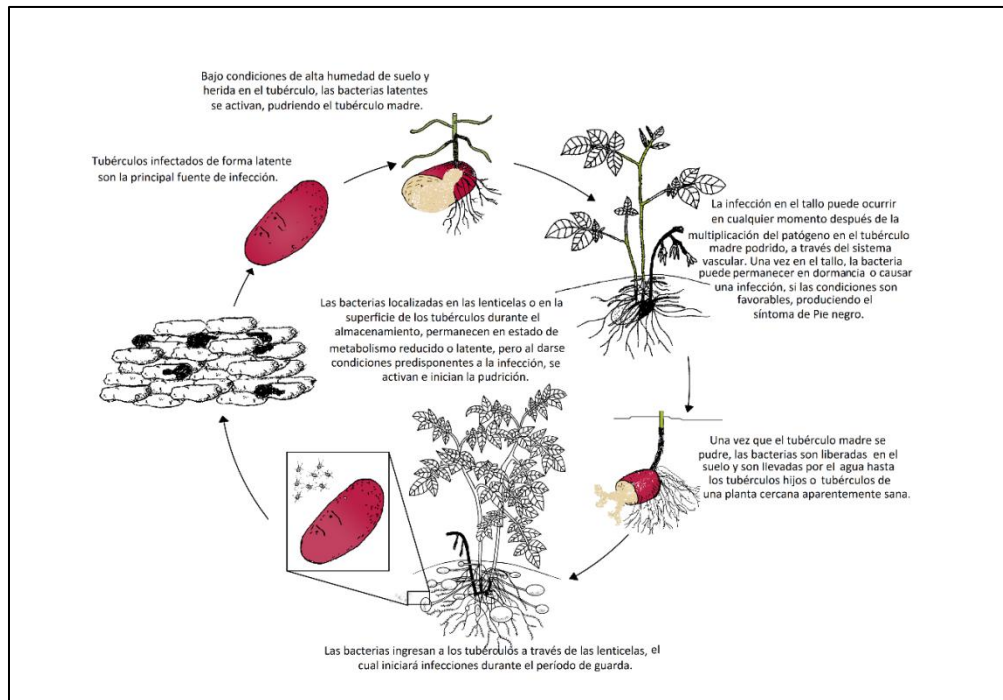


Ilustración 1. Ciclo biológico de *Pectobacterium spp.* Fuente: INIA Remehue.

El inóculo primario se encuentra sobre o dentro de la semilla. Después de la plantación, el tubérculo madre infectado se va deteriorando durante el desarrollo de la planta, liberando hacia el suelo gran cantidad de bacterias y produciendo eventualmente plantas infectadas. Las bacterias pueden multiplicarse y persistir en la rizósfera de la planta en desarrollo y también en algunas malezas, pudiendo movilizarse a través del agua de riego. La infección en los tubérculos hijos puede ocurrir a través de las lenticelas, heridas o por el extremo del estolón que se comunica con la planta madre.

Mientras, que la infección en tallo puede darse en cualquier momento, después de la multiplicación del patógeno en el tubérculo madre podrido, a través del sistema vascular. Una vez en este, la bacteria puede permanecer latente o causar infección, si las condiciones son favorables.

También, el ingreso de la bacteria al hospedero se da comúnmente mediante heridas causadas a tallos de plantas jóvenes por laboreo agrícola, como lo es la aporca, saneamiento y aplicación de agroquímicos.

Finalmente, antes de la cosecha de los nuevos tubérculos, estos ya estarán infectados, pudiendo iniciar infecciones durante el período de almacenaje debido a la presencia de bacterias en estado latente que, si tienen las condiciones ambientales predisponentes, se activarán e iniciarán la pudrición. Dentro de las condiciones que favorecen la infección está la formación de una película de agua que ayuda a las condiciones anaeróbicas del tubérculo, mala aireación, alto inóculo en las lenticelas, tubérculos golpeados, entre otras.

Fuentes de Inóculo:

- Tubérculos Semilla
- Papas voluntarias, malezas, hospederos alternantes.
- Agua de riego

PLAN DE CONTROL INTEGRADO

El control de esta enfermedad debe ser integrado, esto significa utilizar un sistema que considere todas las alternativas posibles para controlar o erradicar la enfermedad, ya que una sola medida no es suficiente para obtener un buen control. Además, se debe tratar de buscar opciones de bajo costo y compatibles con el medio ambiente, y que sean a fines a los objetivos productivos.

- **Uso de semilla legal**, que garantiza una buena calidad y el cumplimiento de la normativa vigente. En el caso de la producción de tubérculos semilla (TSP), la principal medida de control preventivo es iniciar la producción con un material limpio proveniente de cultivo de tejido y posteriormente, minimizar la infección de los tubérculos hijos en las próximas generaciones. Esto se consigue con un manejo que disminuya el riesgo de infección en campo y almacenamiento.
- **Saneamiento de plantas enfermas**, esta labor se realiza en producción de semilla y es recomendable para disminuir la presión de la enfermedad en el campo.
- **Rotación de cultivos adecuada**, a pesar de que la permanencia de la bacteria en el suelo es breve, puede encontrarse en dormancia en plantas voluntarias y restos de tubérculos. Por esta razón, se debe hacer rotación de 3 o más años, utilizando cultivos que favorezca el desarrollo de papas voluntarias, tales como praderas.
- **Considerar resistencia varietal**, aun cuando en la mayoría de los casos el objetivo de producción determina los cultivares a producir, es importante conocer la susceptibilidad o resistencia de éstos para tomar las medidas preventivas. Cabe destacar que todas las variedades presentan algún grado de susceptibilidad.
- **Prácticas culturales acordes**, tales como, reducir las condiciones de anegamiento y los altos niveles de humedad en el suelo para evitar la expresión y diseminación del patógeno. Se debe seleccionar suelos con buen drenaje y usar un riego eficiente que satisfaga los requerimientos de cultivo, pero evite el exceso de humedad y agua libre en el suelo.
- **Almacenamiento adecuado**, se recomienda eliminar todo residuo de papa y tierra dentro de la bodega, sanitizar la bodega y la seleccionadora con agua, detergente y amonio cuaternario. Se debe evitar filtraciones de agua y goteras que aumenten la humedad sobre los tubérculos. No se debe ingresar papas mojadas, con exceso de humedad, tierra adherida o con temperaturas muy bajas (menor a 10°C) o muy altas (mayor a 20°C), ya que esto favorece la formación de agua libre sobre los tubérculos. Después de la cosecha, los

tubérculos deben ingresar secos y permanecer alrededor de 15 días bajo condiciones de 13°C y 90% de humedad relativa para favorecer la cicatrización de heridas y golpes que sufrieron durante la cosecha. Después de estos 15 días, el almacenamiento debería realizarse a temperaturas óptimas entre 3 a 10 °C y una humedad relativa de 90 a 95 %. Es relevante evitar la condensación de agua sobre los tubérculos, mediante el manejo adecuado de la temperatura y la ventilación.

- **Minimizar daños a tubérculos**, en cosecha, guarda y selección de los tubérculos hay que minimizar los daños mecánicos, contusiones y heridas.



- Uso de tubérculo semilla legal
- Considerar resistencia varietal
- Rotación 3 o más años con cultivos no hospederos
- Reducir anegamientos y realizar el riego de forma racional
- Evitar golpes y heridas en tubérculos
- Desinfección y limpieza de bodegas
- Mantener buenas condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento
- Evitar la formación de películas de agua libre sobre los tubérculos mediante una buena ventilación.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña I, Riffo P. 1993. Black leg survey and potential of latent infection (*Erwinia* spp) in certified potato seed lots in the X Region of Chile. *Agricultura técnica* 53 (2), 179-183.

Acuña, I.; Muñoz, M.; Sandaña, P.; Orena, S.; Bravo, R.; Kalazich, J.; Tejada, P.; Castro M.P. y C. Sandoval. 2015. Manual Interactivo de la papa INIA. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile. <http://manualinia.papachile.cl>

Acuña I, Sandoval C, Mancilla S. 2015. Bacterial diseases of potatoes in Chile. A re-emergent sanitary problem. Presentación congreso Euphresco “*Dickeya* & *Pectobacterium* meeting”, Polonia, 2015.

Bartz JA, Kelman A. 1986. Reducing the potential for bacterial soft rot in potato tubers by chemical treatments and drying. *American Potato Journal*, 63: 481-493.

Charkowski, A. 2015. Biology and control of *Pectobacterium* in potato. *American Journal Potato Research*, 92(2):223-229.

Czajkowski R, Pérombelon M.C.M, van Veen J.A, van der Wolf J.M. 2012. Control of blackleg and tuber soft rot of potato caused by *Pectobacterium* and *Dickeya* species: a review. *Plant Pathology*, 60, 999–1013.

Czajkowski R, Pérombelon MCM, Jafra S, Lojkowska E, Potrykus M, JM Van der Wolf JM, Sledz W. 2015. Detection, identification and differentiation of *Pectobacterium* and *Dickeya* species causing potato blackleg and tuber soft rot: a review. *Annals of Applied Biology*, 166, 18-38.

Duarte V, De Boer S.H, Ward L.J, De Oliveira A.M.R. 2004. Characterization of atypical *Erwinia carotovora* strains causing blackleg of potato in Brazil. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 535–545.

Flego D, Pirhonen M, Saarilahti H, Palva ET. 1997. Control of virulence gene expression by plant calcium in the phytopathogen *Erwinia carotovora*. *Molecular Microbiology*, 25 (5): 831-838.

Gutiérrez, M., Duval, D., Asenjo, C., Oyarzo, O., Monsalve, J., Neira, P. Sandoval, C. y Acuña, I. 2019. Detección e identificación de bacterias asociadas a “Pie negro” y pudrición blanda en cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) en las Regiones de Los Ríos y de Los Lagos del Sur de Chile. Libro de resúmenes XXVII Congreso Chileno de Fitopatología, Arica. pp 83.

Khayi S, Cigna J, Chong TM, Quêtu-Laurent A, Chan KG, Hélias V, Faure D. 2016. Transfer of the potato plant isolates of *Pectobacterium wasabiae* to *Pectobacterium parmentieri* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 66, 5379-5383.

Mansfield J, Genin S, Magori S, Citovsky V, Sriariyanum M, Ronald P, Dow M, Verdier V, Beer S.V, Machado M.A, Toth I, Salmond G, Foster G.D. 2012. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13, 614–629.

Pérombelon M. C. M. 2002. Potato diseases caused by soft rot erwinias: an overview of pathogenesis. *Plant Pathology*, 51, 1-12.

Rashid A, Fahad MAB, Khan MA, Mateen A. 2012. Incidence of potato blackleg caused by *Pectobacterium atrosepticum* in district Chinoit and its management through bio-products. *African Journal of Agricultural Research* 7 (45): 6035-6048.

Wolf, J.M. van der; Haan, E.G. de; Kastelein, P.; Krijger, M.C.; Haas, B.H. de; Velvis, H.; Mendes, O.; Kooman-Gersmann, M.; Zouwen, P.S. van der. 2017. Virulence of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *brasiliense* on potato compared with that of other *Pectobacterium* and *Dickeya* species under climatic conditions prevailing in the Netherlands. *Plant Pathology* 66 (2017)4. - ISSN 0032-0862 - p. 571 - 583.

CITA BIBLIOGRAFICA

Acuña, I.; Sandoval, C.; Sepúlveda, C. 2021. Enfermedades de la papa: Plataforma de evaluación de riesgo sanitario. INIA, Chile. <http://enfermedadespapa.inia.cl>.

Autorizada la reproducción total o parcial citando la fuente y autores.