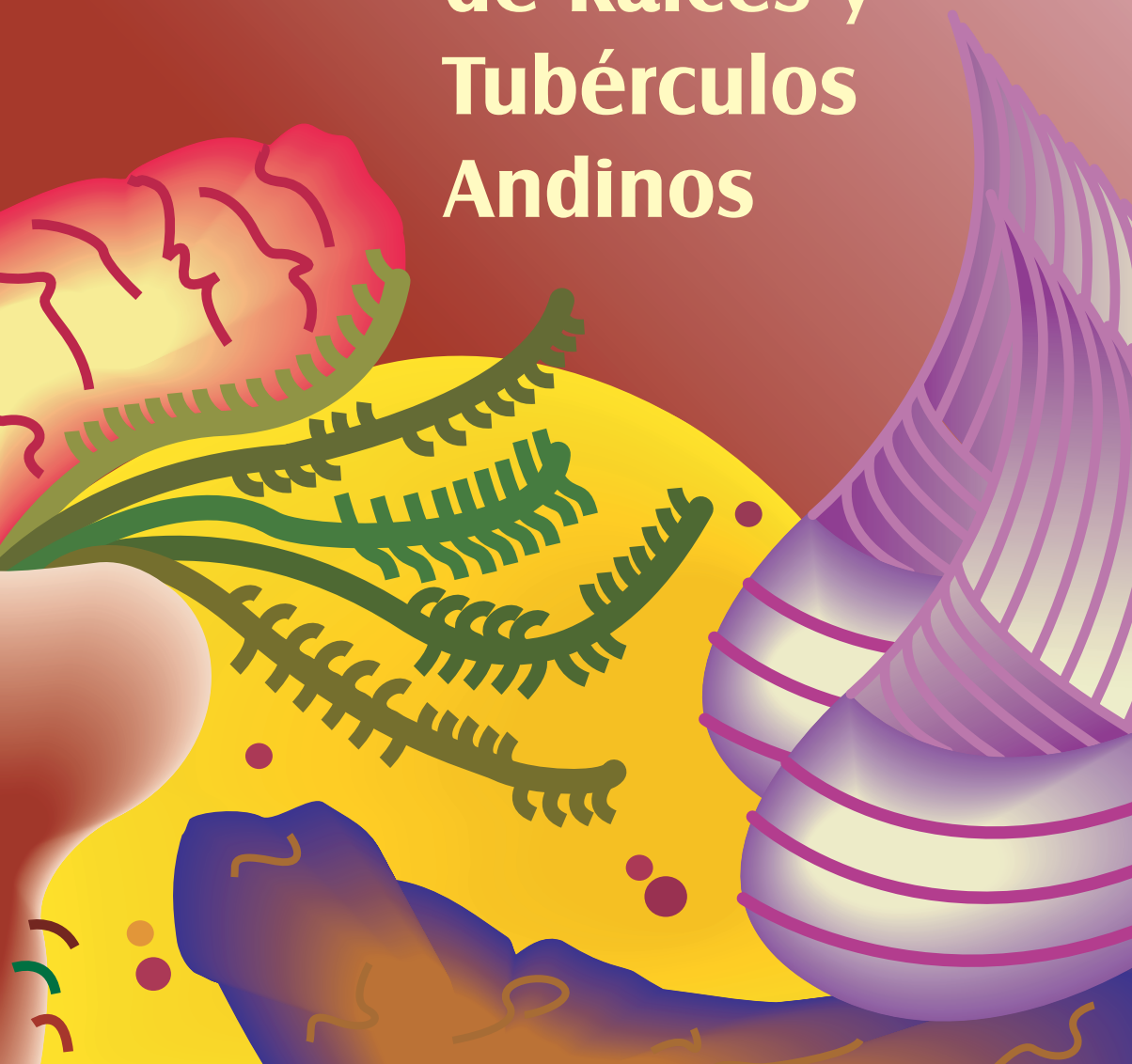


Teresa Ames de Icochea

Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos



Teresa Ames de Icochea

Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una institución científica, sin fines de lucro, dedicada a incrementar el uso sostenible de la papa, el camote y otras raíces y tubérculos en el mundo en desarrollo, y a mejorar el manejo de los recursos agrícolas en los Andes y en otras zonas de montaña. El CIP forma parte de la red global de investigación agrícola conocida como Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).



Centro Internacional de la Papa
Apartado 1558
Lima 12, Perú

ISBN 92-9060-195-7
Tiraje: 1,000
Impreso en Lima, Perú
Diciembre 1997

Enfermedades Fungosas y Bacterianas de Raíces y Tubérculos Andinos — Teresa Ames de Icochea. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa, 1997.
172 p.

1. Enfermedades - Hongos. 2. Enfermedades - Bacterias. 3. Enfermedades - Síntomas. 4. Enfermedades - Agente Causal. 5. Enfermedades - Epidemiología. 6. Enfermedades - Control. I. Ames de Icochea, T. II. Centro Internacional de la Papa.

Agradecimiento

La presente publicación ha sido posible gracias a la valiosa colaboración de diferentes personas, por lo que deseo expresarles mi más profundo agradecimiento: a Hebert Torres por su contribución en la colección de material enfermo en el campo y las fotografías al microscopio óptico; a Willmer Pérez por el trabajo de invernadero y campo; a Lilliam Gutarra por la identificación de las bacterias patógenas; a Pedro Aley por la colección de material enfermo y fotografías de campo; a Raymundo Medina por las fotografías del material recolectado; a Rossio Haddad por las fotografías al microscopio electrónico y a Rosa María Icochea por el mecanografiado del texto.

Contenido

Introducción	1
Hongos y Bacterias Patógenos de RTA	5
Hongos Fitopatógenos	5
Bacterias Fitopatógenas	7
Metodología	8
Aislamiento en cultivo puro	8
Prueba de patogenicidad	9
Identificación	10
Ulluco	13
Mancha Anillada	14
Mancha por <i>Cladosporium</i>	17
Mancha Oval	19
Mancha Zonada	21
Royas	23
Pudrición Gris	27
Goterá	30
Rizoctoniasis	33
Gangrena	35
Pudrición por <i>Hypochnus</i>	39
Pudrición por <i>Rhizopus</i>	42
Pudrición por <i>Fusarium</i>	44
Lanosa	46
Manchado del Tubérculo	49
Marchitez por <i>Verticillium</i>	51
Pudrición por <i>Erwinia</i>	54
Oca	57
Septoriosis	58
Royas	60

Rizoctoniasis	63
Pudrición por <i>Phytophthora</i>	66
Viruela	68
Lanosa	70
Carbón	72
Pudrición Blanda	74
Pudrición Gris	78
Pudrición del Tubérculo por <i>Fusarium</i>	79
Pudriciones Secundarias	83
Pudrición Negra del Tubérculo	85
Mashua	89
Mancha Foliar por <i>Acroconidiella</i>	90
Moho Blanco	92
Marchitez por <i>Phytophthora</i>	95
Punta Negra	98
Pudriciones Secundarias del Producto Almacenado	102
Maca	105
Tizón Velloso	107
Oidio	110
Pudrición Blanca	112
Carbón	114
Piel de Culebra	117
Cancro	119
Pudriciones en Pozas de Brotamiento y Patios de Secado	121
Arracacha	125
Oidio	126
Alternariosis	129
Antracnosis	131
Mancha Parda	133
Carbón	135
Pudrición Carbonosa	137
Pudriciones de Raíces en Poscosecha	139
Pudrición Negra	141
Pudrición Bacteriana Blanda - Pierna Negra	142
Achira	145
Manchas Foliares	146
Yacón	151
Alternariosis	152
Moho Blanco	153

Consideraciones Generales sobre el Manejo de las Enfermedades en Cultivos de Raíces y Tubérculos Andinos	155
Semilla sana	156
Rotación	157
Saneamiento	157
Barbecho	157
Escape	158
Selección de variedades resistentes y variedades precoces	159
Manejo del producto cosechado	159
Cuarentena	160
Evaluación de las enfermedades	161
Literatura Consultada	163
Indice	167

Introducción

Las raíces y tubérculos andinos (RTA) son actualmente cultivos subexplotados pero juegan un papel importante en la agricultura y en la alimentación de los pobladores de las zonas altas de la cordillera de los Andes, tanto en el Perú como en otros países andinos. Desde épocas pasadas, tubérculos como la oca (*Oxalis tuberosa*), el ulluco (*Ullucus tuberosus*) y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) han constituido la base fundamental de la dieta cotidiana del poblador andino. El éxodo rural y la movilización de la población andina hacia las áreas urbanas, trayendo consigo su acervo de costumbres y tradiciones, han hecho que estos productos lleguen a la costa y que algunos, como el ulluco, hayan pasado a formar parte de la dieta del poblador costeno.

El hábitat natural de las raíces y tubérculos andinos está en las frías y poco fértiles tierras por encima de los 3600 m de altitud, donde la temperatura llega a niveles de 0°C. A pesar de ello, las plantas crecen exuberantes y producen buenas cosechas. El ulluco y la oca no sólo han invadido la mesa del poblador de la costa sino que han sido llevados a otros países, como Nueva Zelanda y México, donde han encontrado inusitada aceptación. Tal vez un día estos tubérculos —como ha sucedido con la papa— se popularicen y contribuyan a solucionar el problema del hambre en el mundo.

En el Perú las raíces y tubérculos andinos se siembran entre los meses de septiembre y noviembre y se cosechan de abril a julio. Parte del producto es comercializada de inmediato, pero una buena parte, incluida la semilla, es almacenada por algunos meses. El almacenamiento se realiza en condiciones rústicas y consiste en apilar el producto en el rincón de una habitación o contra la pared externa de una vivienda y cubrirlo con paja; es precisamente bajo estas condiciones en que se

producen las mayores pérdidas por la acción de hongos, bacterias e insectos que deterioran el producto cosechado.

El presente manual se preparó con base en una investigación científica sistemática, con el objeto de contar con una publicación que describiera las enfermedades fungosas y bacterianas de estos cultivos durante su permanencia en el campo o después de la cosecha. Se ha recolectado material en el campo, en las rumas de almacenamiento y en los mercados urbanos y rurales de tres departamentos representativos del Perú: Cajamarca, ubicado en el norte del país, entre 5° y 8° de latitud sur y a elevaciones entre 3000 y 3800 m; Junín, ubicado entre 7° y 9° de latitud sur y entre los 3600 y 4200 m; y Cusco, entre 11° y 15° de latitud sur y entre 3200 y 3800 m. Ocasionalmente se han recolectado materiales de otros lugares.

Se ha hecho un seguimiento en campos de cultivo a fin de determinar tanto las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla la enfermedad como el estado fenológico propicio de la planta en el cual se produce la infección y la manifestación de los síntomas.

Después del aislamiento de los organismos presentes en las muestras recolectadas, se ha procedido a probar su patogenicidad, a identificarlos y a reproducir los síntomas originales. Por lo tanto, los patógenos que se consignan en esta publicación son sólo aquéllos cuya identidad y patogenicidad han sido debidamente comprobadas. En el caso de algunos patógenos obligados, especialmente las royas, la identificación se ha hecho con base en el organismo extraído directamente del hospedante.

En algunas ocasiones ha sido muy difícil conseguir que los síntomas originales se repitan, debido a que no se han podido reproducir las condiciones ambientales bajo las cuales viven habitualmente tanto la planta como el patógeno.

El material ilustrativo que contiene esta publicación es auténtico y original. Las fotografías han sido tomadas directamente en el campo o del material enfermo recolectado. Las fotografías tomadas al microscopio se han hecho tanto de raspados directos de las estructuras encontradas en el material original como de cultivos hechos en el laboratorio.

En cuanto a la organización de la publicación, en primer lugar se hace una breve descripción de las características más importantes de las bacterias y los hongos patógenos de plantas, luego se presenta la metodología usada para los procesos de aislamiento, prueba de patogenicidad e identificación. A continuación se describen las enfermedades por cultivos. En cada cultivo se describen las enfermedades

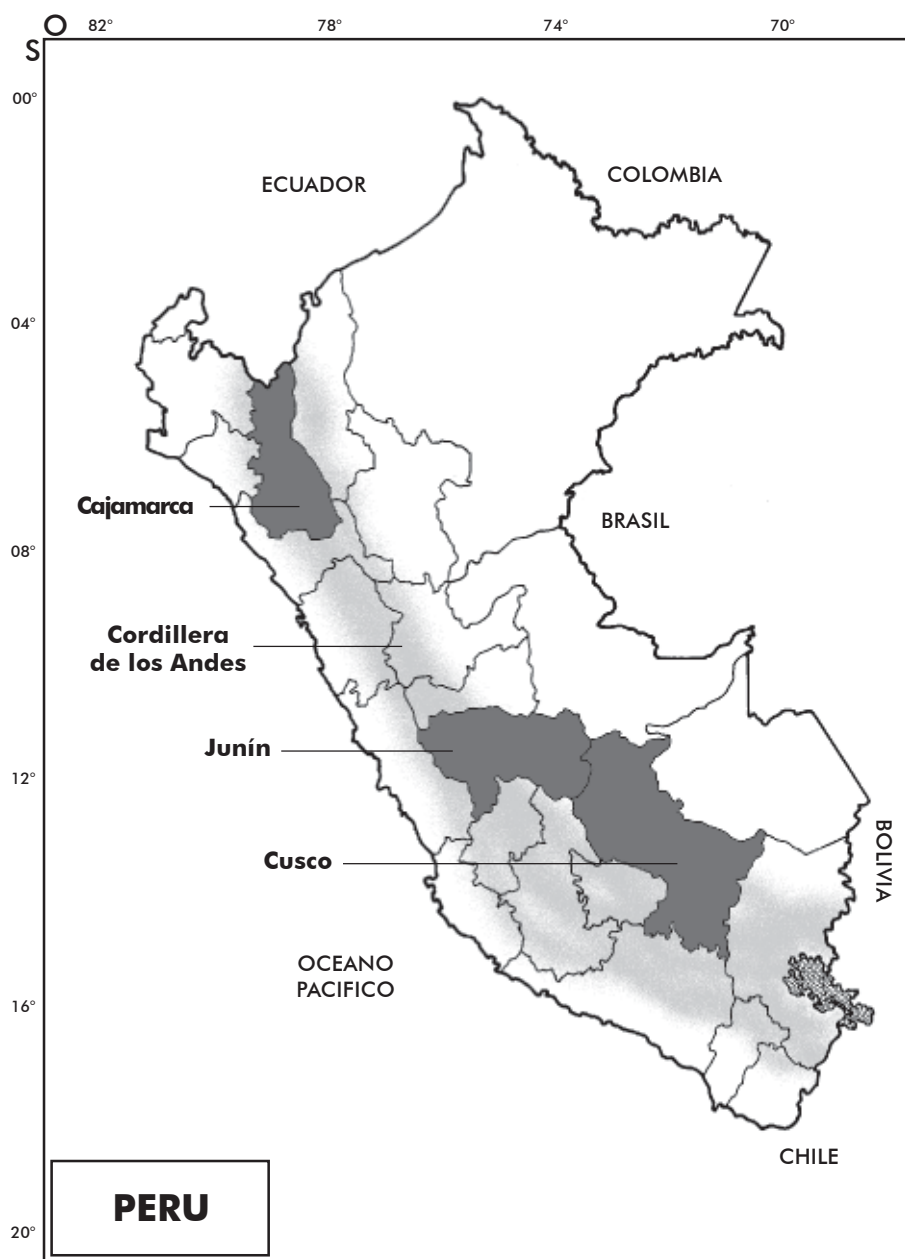
que afectan a las plantas en el campo y durante la poscosecha. Asimismo, para cada enfermedad se describen los síntomas, el agente causal y su epidemiología. Finalmente, se incluye un capítulo sobre consideraciones generales para el control, en el que se dan a conocer las distintas metodologías aplicables a las enfermedades de RTA.

Para la presente publicación, se ha tratado de conseguir la mayor cantidad de información objetiva, recorriendo frecuentemente los campos de cultivo en los diferentes estados fenológicos de la planta, pero estamos seguros que aún falta mucho por explorar.

Con base en los trabajos de identificación de patógenos y el estudio de los síntomas, se ha tratado de generar información, porque, lamentablemente, ésta es muy poca y fragmentaria y la mayor parte no está debidamente documentada.

Esta es la primera publicación que reúne la descripción de las enfermedades más importantes de las raíces y tubérculos andinos y sus causas. Esperamos que sea una herramienta útil y confiable para la identificación de las enfermedades, tanto en el campo como en el almacén. La forma como ha sido diseñada y la inclusión de un gran número de ilustraciones servirán igualmente a profesionales, técnicos, estudiantes y agricultores interesados en estos cultivos.

Posiblemente muchas más enfermedades afectan a estos cultivos y no hemos tenido la oportunidad de encontrarlas, pero las que están contenidas en esta publicación son las más comunes.



Lugares de muestreo del material enfermo de las diferentes especies de raíces y tubérculos andinos.

Hongos y Bacterias Patógenos de RTA

■ Hongos Fitopatógenos

La mayoría de las enfermedades más importantes de las raíces y tubérculos andinos son producidas por hongos. Los hongos causan daño durante el desarrollo de las plantas en el campo y en la etapa de poscosecha, cuando el producto ha sido almacenado para su conservación y posterior consumo o comercialización.

Los hongos que atacan a la parte aérea destruyen el follaje causando manchas foliares, añublos y tizones. Los que atacan a las raíces retardan el desarrollo de la planta restándole vitalidad o causándole la muerte. Los que atacan a los tubérculos producen lesiones que pueden destruirlos o simplemente desmejorar su calidad. Los hongos son una de las principales causas de rendimientos bajos y deterioro del producto cosechado.

Los hongos fitopatógenos son organismos microscópicos carentes de clorofila, constituidos por un conjunto de filamentos llamados hifas. El conjunto de hifas forma el micelio. El micelio es la parte vegetativa del hongo y tiene características propias como son la presencia o ausencia de tabiques transversales, número de núcleos, color, diámetro, etc. Los hongos también tienen la propiedad de producir pigmentos que colorean el medio cuando se cultivan en el laboratorio.

El micelio tiene la capacidad de formar, según las condiciones del medio ambiente, estructuras de propagación, de reproducción y de conservación. Las estructuras de propagación por excelencia son las conidias, las cuales se forman generalmente en el extremo de un conidióforo; se producen varias generaciones durante todo el período del

cultivo de la planta, de tal manera que se diseminan constantemente y mantienen la infección en el campo, mientras dura el cultivo. Las estructuras de conservación mantienen viable al hongo cuando no hay cultivo en el campo, es decir, el hongo se mantiene vivo pero inactivo. Las clamidosporas y los esclerocios son las estructuras de conservación más frecuentes. Las clamidosporas son estructuras generalmente redondeadas, de protoplasma denso y pared gruesa, por lo que pueden soportar condiciones adversas por períodos prolongados. Los esclerocios son estructuras más complejas, formadas por un conjunto de hifas generalmente isodiamétricas, unidas entre sí formando conglomerados y recubiertas por una o dos capas de células pigmentadas. Algunas estructuras de origen sexual también son consideradas como estructuras de conservación porque así se mantienen de una campaña de cultivo a la siguiente. Entre éstas, las oosporas y las ascosporas son las más frecuentes. Las oosporas son el producto de la fecundación de una oosfera por un anterozoide. La oosfera se encuentra dentro de un oogonio y los anterozoides dentro de un anteridio. El oogonio y el anteridio son los gametangios femenino y masculino respectivamente. Los diferentes grupos de hongos tienen gametangios característicos. Sin embargo, muchos hongos jamás producen órganos sexuales; sólo se perpetúan asexualmente y se conservan de una campaña a otra en forma de micelio, como saprofitos o parasitando malezas.

Los hongos fitopatógenos viven a expensas de la planta porque extraen de ella sus nutrientes. Un hongo parásito es el que vive a expensas de la planta. Pero algunos sólo viven a expensas de plantas vivas, de tal manera que cuando muere la planta que los hospeda, éstos también mueren. A esta clase de individuos se les conoce como parásitos obligados y entre ellos están incluidos los que producen oidiosis, mildiu o añublo vellosos y royas.

Hay otro grupo de hongos que en parte de su ciclo son parásitos en plantas vivas y cuando éstas mueren, ellos continúan viviendo sobre sus despojos. Estos organismos son conocidos como parásitos facultativos. Generalmente esto ocurre con hongos cuyo hábitat natural es el suelo. También hay hongos saprófitos que sólo viven a expensas de tejido muerto o en proceso de necrobiosis y se desarrollan en el tejido que ya ha sido desintegrado por otros organismos, que ha sido deteriorado por efecto del medio ambiente, o que ha sufrido lesiones por golpes o desgarraduras durante la manipulación a la cosecha. Por ejemplo, factores climáticos como las heladas y el granizo causan necrosis del tejido de la planta y sobre este tejido muerto se desarrollan organismos que no podrían desarrollarse en tejido sano.

Dispersión

La dispersión consiste en la distribución del hongo a partir de un foco de infección, como por ejemplo las plantas voluntarias que salen espontáneamente en el campo y mantienen la infección, o las malezas en que el hongo se encuentra en estado activo. Desde ahí, las estructuras especializadas, conocidas genéricamente como inóculo, son las encargadas de dispersar el agente infeccioso. Las estructuras diseminadoras por excelencia son las conidias, las cuales pueden ser transportadas por corrientes de aire y agua, por salpicadura de lluvia, por insectos, pájaros, etc., o pueden acompañar a cualquier medio de propagación del cultivo, sea éste semilla sexual, brotes, esquejes o tubérculos-semillas.

Influencia del medio ambiente

Los factores del medio ambiente que determinan o favorecen el desarrollo de los hongos son fundamentalmente la temperatura, la humedad y la luz. La temperatura tiene efecto sobre el desarrollo vegetativo de los hongos, la humedad favorece la germinación de las esporas y evita la desecación del tubo germinativo y la luz influye en la esporulación. Muchos hongos requieren valores críticos de estos tres factores y en algunos casos cierta interacción entre la temperatura, la luz y la humedad relativa del ambiente. El pH constituye un factor de supervivencia para los hongos cuyo hábitat principal es el suelo. En general los hongos se desarrollan bien en pH neutro o ligeramente ácido.

■ Bacterias Fitopatógenas

Las bacterias son organismos unicelulares, incoloros o amarillentos, que se multiplican por bipartición. Tienen formas diversas y parasitan al hombre, a los animales y a las plantas causando enfermedades. Las bacterias fitopatógenas tienen forma abastionada; algunas especies están provistas de uno o más flagelos, no forman esporas y en su mayoría son Gram negativas, o sea. que se colorean de rojo con la coloración de Gram. Al igual que los hongos, las bacterias pueden afectar tanto la parte foliar como las raíces. Penetran al tejido por heridas, naturales o inducidas por insectos y nematodos, o por aberturas naturales como los estomas, lenticelas e hidatodos, siempre que haya una película de agua en la superficie. Una vez que la bacteria ha ingresado, produce lesiones localizadas o puede volverse sistémica a través de la vía vascular.

La característica más destacada de las bacterias es su capacidad para consumir una gran cantidad de sustrato en muy poco tiempo, porque una vez que ingresan invaden el tejido inter- e intra-celularmente y, debido a la velocidad con que se multiplican y a su enorme actividad enzimática, son capaces de digerir el sustrato con facilidad. Esto es lo que sucede en los órganos carnosos de la planta como son los tubérculos, bulbos y raíces reservantes. Las bacterias que atacan a estos órganos generalmente causan pudriciones blandas, acuosas.

Las bacterias son transportadas por el viento en aerosoles (microgotas) y partículas de suelo, por agua de lluvia y por los insectos, los cuales llevan adheridas a su cuerpo las células bacterianas, después de haber visitado plantas enfermas. En un mismo campo y de una planta a otra las bacterias se difunden por salpicaduras de lluvia, prácticas culturales y el trájín de personas y animales.

La conservación de una campaña a la siguiente se realiza en el suelo, en malezas o en desechos vegetales que quedan después de la cosecha. Las bacterias patógenas de plantas tienen también propiedades saprofitas, pero en este estado sólo pueden vivir por períodos cortos.

Entre los factores de medio ambiente que tienen mayor influencia sobre las bacterias están el pH, la humedad y la conductividad eléctrica del suelo. El pH alcalino favorece el desarrollo de las bacterias, al igual que una alta humedad. En cuanto a la conductividad eléctrica, un mayor contenido de sales corresponde a suelos alcalinos que favorecen el desarrollo de enfermedades bacterianas; de ahí que en suelos con menor contenido de sales los daños son mínimos.

■ Metodología

Para identificar un organismo (hongo o bacteria) como causante de enfermedad, es necesario aislarlo en cultivo puro e inocularlo en plantas sanas para determinar su patogenicidad.

Aislamiento en cultivo puro

El aislamiento tiene como finalidad extraer al patógeno de las partes afectadas de la planta y purificarlo.

El material (hojas, tallos, tubérculos y raíces) con síntomas evidentes de enfermedad se recolecta en el campo, se lleva al laboratorio y se mantiene en refrigeración. Para el aislamiento de hongos, el material se lava y se

desinfesta con hipoclorito de sodio al 0.5% durante 10 minutos. Se deja orear y luego se cortan pedazos de tejido del límite entre la parte sana y la afectada, los cuales se siembran en placas que contienen papa-dextrosa-agar (PDA). Las placas se colocan en una estufa a 28°C por 2–7 días, al cabo de los cuales se observan al microscopio para determinar las características de los organismos aislados.

Prueba de patogenicidad

La prueba de patogenicidad consiste en inocular plantas sanas o sus órganos con los organismos aislados en cultivo puro del material enfermo proveniente del campo, con el objeto de ratificarlos o descartarlos como causa de la enfermedad.

El procedimiento depende del órgano de la planta que va a ser inoculado. Cuando se trata de follaje o de la parte aérea de la planta, se prepara una suspensión de esporas en agua y se aplica con un atomizador manual o una bomba eléctrica de presión o de vacío. Después las plantas se tapan con una cubierta plástica por 48 horas o más, a fin de mantener la humedad y facilitar la penetración del tubo germinativo del propágulo. En el caso de parásitos absolutos, como aquéllos que causan royas, oidio o mildiu en el follaje, el inóculo se extrae con una brocha delicada, se hace una suspensión en agua de las estructuras propagativas (oidias, conidias, esporas, esporangios) y el inóculo se aplica a las hojas por medio de un atomizador. Después las plantas se mantienen cubiertas con bolsas de polietileno por 72 horas para conservar la humedad, como en el caso anterior.

Para inocular el sistema radicular, el hongo se propaga en un sustrato amiláceo (granos de trigo o de cebada previamente remojados y esterilizados), que luego se mezcla con la tierra de la maceta en la cual crecen las plantas de prueba. Las macetas se mantienen con suficiente humedad para facilitar el ingreso del patógeno. En determinados casos hay que infestar previamente la tierra de las macetas y luego sembrar la semilla o trasplantar los esquejes de las plantas de prueba.

En el caso de tubérculos cosechados o de raíces reservantes, el método de inoculación más efectivo es empleando un sacabocado (previamente se desinfectan los tubérculos con hipoclorito de sodio al 0.5% por 10 minutos), con el cual se extrae una rodaja de tejido dejando un hoyo de aproximadamente 5 mm de diámetro y 2–3 mm de profundidad. En este hoyo se coloca una pequeña porción de micelio extraída del borde de una colonia en crecimiento. Después los tubérculos se colocan en cámara húmeda para evitar la suberización de las heridas hechas con el

sacabocado. En determinados casos es necesario establecer en el laboratorio condiciones apropiadas de luz y temperatura, con el objeto de satisfacer los requerimientos del patógeno.

Para probar la patogenicidad de las bacterias, se inoculan tubérculos enteros, rodajas de tubérculos, esquejes o plantas enteras, según el caso. Para inocular las rodajas, se colocan en placas petri que contienen papel filtro humedecido. Una gota del cultivo bacteriano desarrollado en medio Kelman sin tetrazolio se deposita sobre la herida hecha en el centro de la rodaja. Las placas se incuban a 28°C durante 2–3 días. Los tubérculos enteros se inoculan con una suspensión de células bacterianas con ayuda de una jeringa hipodérmica. Finalmente, las plantas de 10–15 cm de altura se inoculan tocando con un mondadientes estéril dos o tres colonias de un cultivo de bacterias de 48 horas. El mondadientes se inserta a nivel del cuello a 3 mm de profundidad. Las plantas inoculadas se mantienen en invernadero a 24–30°C y el agua del suelo de las macetas debe mantenerse entre la capacidad de campo y la de saturación.

Identificación

La identificación es un proceso de observación e interpretación. Consiste en reconocer al agente patógeno, tomando como punto de partida sus características morfológicas y bioquímicas, así como su rango de hospedantes y sus exigencias nutricionales. El procedimiento para determinar la identidad de un organismo incluye el uso de bibliografía especializada y claves genéricas y específicas.

La identificación de todos aquellos hongos que han reproducido los síntomas originales cuando han sido inoculados a plantas sanas se hace preferentemente de material extraído directamente del hospedante, para evitar la distorsión o dimorfismo que a veces se presenta cuando un organismo es sacado de su hábitat natural y mantenido en un medio de cultivo. En el presente caso se han hecho estudios morfométricos de las estructuras de origen asexual (micelio, esporangios, esporas, conidias, oidias) y sexual (oosporas, ascas, ascosporas). Asimismo se ha observado su ubicación dentro del tejido de la planta (hojas, tallos, raíces, etc.). En algunos casos ha sido necesario crear las condiciones de luz y temperatura propicias para la producción y germinación de las esporas o las estructuras sexuales.

Para identificar las bacterias, se emplean métodos bioquímicos que se inician con la tinción de Gram, la cual determina si la bacteria pertenece al grupo positivo o negativo. Luego se hacen pruebas para determinar la

oxidación y la fermentación, las cuales demuestran su condición aeróbica o anaeróbica. Luego se usan medios especiales para observar el color de la colonia y su fluorescencia. Con estas pruebas se determina el género, pero para llegar a la especie es necesario hacer pruebas adicionales. Por ejemplo, para determinar especies de *Erwinia*, se hacen las siguientes pruebas: L-metil glucósido, reducción de sustancias a partir de sacarosa, fosfatasa, indol, pigmento azul, etc.

Con esta explicación, tenemos una base para describir los organismos que afectan a las raíces y tubérculos andinos, su modalidad de ataque, los síntomas que producen y las condiciones bajo las cuales se desarrollan tanto en el campo como en el almacén.



Ulluco

(*Ullucus tuberosus* Caldas) Basellaceae

El ulluco se cultiva en las zonas altas de la cordillera de los Andes, entre los 3000 y 4000 m, desde Chile a Venezuela. En Bolivia, Ecuador y Perú es el más difundido y popular de los tubérculos después de la papa y constituye un alimento habitual del poblador andino, quien lo cultiva tanto para su propio consumo como para comercializarlo.

La planta de ulluco es una herbácea anual, rústica y tolerante a la sequía y a las heladas que se presentan con frecuencia en su ámbito. Las hojas son casi romboidales y gruesas y los tubérculos son redondeados o alargados, de piel lustrosa brillante; varían de casi blancos a coloreados de amarillo, rojo o morado y jaspeados.

Tanto el follaje como la parte subterránea son susceptibles a las enfermedades durante el desarrollo del cultivo en el campo, pero los tubérculos pueden ser afectados por pudriciones después de la cosecha, durante su transporte y almacenamiento.

■ Mancha Anillada

La enfermedad está presente dondequiera que se siembre ulluco, pero los mayores daños se producen en las zonas altoandinas del centro del Perú, especialmente en el departamento de Junín, con una incidencia hasta del 60%. Esta enfermedad afecta a un sinnúmero de hospedantes comprendidos en muchas familias.

Síntomas

Los síntomas son más comunes en las hojas maduras del tercio inferior de la planta. Son manchas que se inician como puntos pequeños translúcidos, evidentes especialmente en la cara inferior de la hoja. A medida que la mancha crece, en algunas variedades se forman anillos concéntricos, ligeramente levantados, con el centro de la mancha más prominente (Figura 1). Otras variedades reaccionan con clorosis que se extiende más allá de la mancha; éstas son las variedades que se defolian y la parte inferior del tallo queda sin hojas. Parece que, como ocurre en papa y tomate, aunque la mancha nunca abarca más del 10% del área foliar, la clorosis que se produce induce la defoliación.



Figura 1. Mancha anillada de la hoja de ulluco causada por *Alternaria* sp.

Otra característica propia de esta enfermedad es la nitidez de las manchas maduras, que son de color marrón grisáceo brillante sin una zona de transición entre tejido sano y enfermo y que llegan a medir más de 10 mm de diámetro. En lugares con neblina persistente el hongo fructifica en la cara inferior de la hoja, donde forma una capa de apariencia afelpada de color gris negruzco.

Agente causal

Tanto del material recogido en el campo como del obtenido en cultivo puro en el laboratorio se han aislado especies de *Alternaria*. La más consistente y la que reproduce los síntomas en las pruebas de patogenicidad es una especie de *Alternaria* con características muy similares a *A. longipes* (Ellis & Everh.) Mason, que afecta al tabaco. Los conidióforos son erectos, de color marrón oliváceo, los cuales emergen individualmente o en grupos de 2 ó 3 del tejido afectado. Las conidias son verde oliváceo, con el pico menos coloreado y relativamente corto, casi 50% del largo de la conidia y ligeramente doblado (Figura 2). En general la conidia tiene 8–10 tabiques transversales, con 1 ó 2 tabiques longitudinales u oblicuos. El tamaño varía entre 40 y 100 mm de largo, con un promedio de 55 mm. El diámetro de la conidia en su parte más gruesa es 10–12 mm. El pico mide a 3–4 mm de diámetro y tiene 3–5 tabiques transversales. También se ha encontrado, aunque muy esporádicamente, *A. alternata* (Fries.) Keissler y *A. solani* Sorauer en las manchas anilladas en ulluco. Los aislamientos de estos hongos también han reproducido los síntomas en las hojas inoculadas artificialmente.



Figura 2. *Alternaria* sp. extraída del follaje de ulluco con síntoma de mancha anillada.

Epidemiología

La enfermedad está presente en las zonas de los Andes peruanos donde se siembra ulluco, especialmente en aquellos lugares donde hay prevalencia de neblina o donde llueve frecuentemente. Las esporas de *Alternaria* requieren agua libre para germinar, aunque pueden sobrevivir durante períodos intermitentes de falta de humedad. El rocío y la neblina forman una película de agua en la superficie de las hojas que favorece la germinación de las esporas y el alargamiento del tubo germinativo. La lluvia

frecuente aumenta la humedad relativa en el follaje y causa salpicaduras que desplazan las conidias y favorecen su dispersión.

Alternaria, cualquiera que sea la especie, tiene una enorme capacidad saprofítica y puede usar como sustrato el material vegetal disponible en el suelo. El viento y la salpicadura de la lluvia son agentes efectivos en la diseminación del patógeno. La capacidad de infección de este hongo es enorme porque cada una de las células de la conidia puede germinar independientemente y colonizar al hospedante en forma eficiente. Parece que en la infección por *Alternaria* influye la edad de la hoja, porque el daño se observa con mayor frecuencia en las hojas maduras. La temperatura aparentemente no influye en el desarrollo de la enfermedad aunque en cultivos de laboratorio el hongo crece y esporula bien a 18°C. La esporulación también es mayor cuando se alternan luz y oscuridad, 12 horas cada día, a una temperatura de 18°C.

■ Mancha por *Cladosporium*

Este tipo de mancha se ha encontrado con bastante frecuencia en los meses de marzo y abril a lo largo de la cordillera de los Andes peruanos, con una incidencia de 2–3%.

Síntomas

Los síntomas se inician en las hojas curvadas hacia abajo y consisten en una necrosis que empieza en el ápice y avanza hacia el pecíolo en forma angular. Las hojas afectadas presentan lesiones de color gris negruzco con el tejido adyacente clorótico, lo que significa que esta zona próxima a la mancha se encuentra en proceso de necrobiosis (Figura 3). Finalmente, la hoja se seca. En la cara inferior de estas hojas es posible observar al agente causal en proceso de fructificación. En ciertos casos la lesión se inicia en los bordes de la hoja, pero en general la enfermedad comienza cuando se seca la parte de la hoja donde probablemente hubo agua retenida. Una hipótesis con respecto a esta enfermedad es que se inicia por una necrosis causada por heladas en el ápice de la hoja, que luego es invadido por parásitos débiles como el que se describe a continuación.



Figura 3. Necrosis apical de la hoja de ulluco causada por *Cladosporium* sp.



Figura 4. Conidióforo y conidias de *Cladosporium* sp. aislado de ulluco.

Organismo causal

De plantas con síntoma de mancha apical de la hoja se ha aislado *Cladosporium* sp. Este hongo presenta conidióforos largos, de hasta 85 μ m de longitud, solitarios, rígidos a ligeramente flexuosos y no ramificados, que terminan en 3–4 cadenas simples de conidias (Figura 4). Las conidias son en su mayoría elipsoidales pero hay mucha variabilidad en cuanto a su forma y tamaño; miden 3–6 μ m de ancho por 3–35 μ m de largo. Su color varía de hialino a marrón oliváceo y son verrucosas.

En medio de cultivo PDA el hongo forma colonias de color gris verdoso oscuro, las cuales esporulan profusamente dándole una apariencia aterciopelada a la superficie. En cambio, tienen un color rojo vinoso cuando se observa la colonia por la base de la placa de petri.

Por las características morfológicas, el hongo tiene semejanza con *Cladosporium herbarum* Link ex Fr., un hongo fundamentalmente saprofítico que se desarrolla de preferencia en tejidos en descomposición. Pero el hongo aislado de ulluco tiene características parasíticas porque ha reproducido la enfermedad en las pruebas de patogenicidad.

Epidemiología

Posiblemente el hongo se conserve en forma saprofítica en los desechos de la cosecha o en malezas. Como ya se ha señalado, varias especies de *Cladosporium* son contaminantes del ambiente y se desarrollan en materia orgánica en descomposición. Sin embargo, una vez que inician su ciclo parasítico en plantas vivas, tienen capacidad patogénica comprobada. La enfermedad se presenta cuando las plantas se encuentran en estado de maduración avanzada, por lo que no constituye un riesgo considerable para la producción.

■ Mancha Oval

Esta enfermedad se hace presente en todos los campos de cultivo de ulluco, hacia el final del período vegetativo. La intensidad de la enfermedad depende de la humedad del ambiente. La mancha oval se ha encontrado en la mayoría de los campos de los departamentos de Cajamarca, Cusco y Junín.

Síntomas

La enfermedad se manifiesta como puntos bien definidos de color marrón oscuro, que se observan más nítidamente en la cara superior de las hojas, en los pecíolos y en los tallos. A medida que la mancha crece, toma una forma ovalada, con el diámetro mayor en el mismo sentido de la nervadura. Asimismo, conforme crece la mancha, se va definiendo la parte externa de color marrón oscuro y el centro ligeramente más claro. En las manchas maduras se notan puntitos oscuros que corresponden a los picnidios del agente causal. Las manchas maduras en las hojas tienden a resquebrajarse, dejando una rotura lineal en el centro de la mancha (Figura 5). Generalmente la parte de la hoja que rodea la mancha muestra



Figura 5. Mancha ovalada en una hoja madura de ulluco.

clorosis progresiva, más intensa en la parte adyacente a la mancha y más tenue a medida que se aleja de ella. En una misma hoja puede haber más de una mancha. Cuando una hoja afectada se seca, queda colgando de la planta por algún tiempo y las manchas adquieren un tinte plateado muy particular.

En tallos y pecíolos las manchas tienden a ser más largas que ovaladas, pero mantienen sus características de configuración con bordes oscuros, centro ligeramente más claro y presencia de las estructuras del agente causal.

Agente causal

La causa de la enfermedad es un hongo del género *Ascochyta* que presenta picnidios de pared delgada, parcialmente inmersos en el tejido, de color gris verdoso, con ostíolo prominente (Figura 6); miden entre 76.8 y 268.8 µm de diámetro.

Las conidias son numerosas dentro del picnidio, hialinas a amarillentas, derechas o ligeramente curvadas y generalmente bicelulares, aunque ocasionalmente se han encontrado conidias de tres células; miden entre 4.8 y 13.2 µm de largo por 2.4–4.8 µm de ancho.

En medio de cultivo PDA, el hongo crece con facilidad y empieza a formar picnidios a los 7 días. Sin embargo, las conidias que se forman en el medio de cultivo son en promedio ligeramente más pequeñas que las que se forman en el hospedante.

Epidemiología

La enfermedad se generaliza durante la época lluviosa, lo cual sugiere que el hongo requiere humedad, probablemente para la germinación de

las conidias y la penetración del tubo germinativo al hospedante; además, la humedad facilita la liberación de las conidias contenidas en los picnidios.

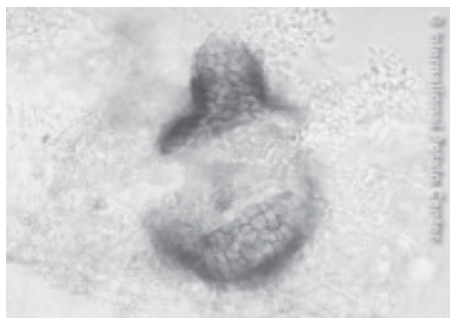


Figura 6. Picnidio de *Ascochyta* sp. causante de la mancha ovalada.

Los hongos de este grupo se diseminan por el viento, los insectos y la salpicadura de lluvia. Se mantienen de una campaña a otra en el suelo en residuos de la cosecha o parasitando a otros hospedantes.

■ Mancha Zonada

La mancha foliar zonada ha sido encontrada en los departamentos de Junín y Pasco, de marzo a abril, en plantas próximas a la cosecha, con una incidencia generalizada.

Síntomas

Las manchas son porciones de tejido lesionado necrótico que abarcan un área considerable de la hoja; se encuentran siempre en las hojas maduras. La enfermedad puede confundirse a simple vista con la causada por *Alternaria*, debido a la presencia de anillos concéntricos. Sin embargo, lo típico en la mancha zonada es que tiene el centro plateado, prominente, de 1–2 mm de diámetro, al que rodea un halo grueso de tejido necrótico de color marrón grisáceo y luego uno o más anillos concéntricos. Entre el tejido lesionado y el tejido sano se forma un borde purpúreo que circunscribe la mancha (Figura 7).

Las lesiones individuales son regulares, circulares a ovaladas y de tamaño variado, pero cuando las manchas confluyen, abarcan una superficie asimétrica grande.



Figura 7. Lesiones de mancha zonada en hojas de ulluco.

En el tejido necrótico, se observan sumergidas unas estructuras redondeadas de color negro—son los cuerpos fructificantes del agente causal.

La enfermedad ha sido encontrada en hojas, no así en pecíolos o tallos, ni en tubérculos, lo que la reduce a una enfermedad exclusivamente foliar.

Agente causal

La mancha zonada es causada por *Pleospora* sp., hongo Ascomycete que produce peritecios piriformes, ostiolados, de color marrón oscuro, sumergidos en el tejido



Figura 8. Asca y ascosporas de *Pleospora* sp. extraídas de lesiones de mancha zonada.

de la hoja. Los peritecios contienen paráfisis y ascas. Las ascas son hialinas, bitunicadas, de 80–126 mm de largo y 12–18 mm de diámetro en su parte más ancha; contienen 6 ascosporas ordenadas en una hilera dentro del asca. Las ascosporas son oblongas, ligeramente curvadas, con uno de sus extremos más ancho que el otro; son de color marrón oliváceo, con 3 a 5 septas transversales y una septa longitudinal u oblicua en la célula central (Figura 8); miden 16–24 por 7–10 mm. No se ha encontrado el estado anamórfico del hongo.

En el laboratorio el hongo crece bien en PDA; produce colonias de micelio algodonoso grisáceo.

Epidemiología

Pleospora sp. se mantiene en el suelo en su forma de micelio sobre los residuos del follaje infectado. La enfermedad se desarrolla en la etapa avanzada del cultivo, lo cual además coincide con la época lluviosa y la presencia de neblina, factores que favorecen el proceso de infección. Los hongos de este grupo requieren agua libre para liberar las ascas y una película de agua en la superficie de la hoja que permita la germinación de las ascosporas y la penetración del tubo germinativo. Los hongos de este género, en otros cultivos, se mantienen de una campaña a otra en el tejido infectado que queda después de la cosecha.

■ Royas

Hojas afectadas de roya se recolectaron en la provincia de Chinchero, departamento de Cusco, a 3750 m de altitud, pero la roya también se ha observado en otras localidades de la cordillera de los Andes, como los departamentos de Junín, Ancash, Huánuco, Pasco y Puno, con una incidencia que varía entre 20% y 80%.

Síntomas

Los síntomas varían ligeramente según el organismo involucrado. Se pueden diferenciar dos tipos de roya, de acuerdo con los síntomas y las características morfológicas del patógeno: la roya amarilla y la roya deformante. Ambas se presentan cuando las plantas son aún muy jóvenes.

La roya amarilla produce manchas muy llamativas por su forma casi simétrica, por su color amarillo intenso y porque las estructuras del patógeno son visibles a simple vista y tienen una disposición espectacular.

La roya amarilla comienza como pequeñas manchas cloróticas visibles en ambas caras de las hojas de plantas muy jóvenes. La mancha crece formando un círculo casi perfecto de color amarillo (Figura 9) que puede



Figura 9. Síntoma de roya amarilla en el haz y el envés de hojas de ulluco.

comprometer más del 50% de una hoja que haya alcanzado su desarrollo completo. El tejido afectado se va engrosando ligeramente a medida que se forman en ambas caras de la hoja innumerables abultamientos visibles a simple vista, como pequeñas motitas, inicialmente blanquecinas, de más o menos medio milímetro de diámetro. Posteriormente estos abultamientos se convierten en pústulas pulverulentas de forma arrosetada y color amarillo. Para entonces se nota una ligera concavidad o convexidad en la zona afectada. En una sola hoja puede haber más de una mancha redonda o ligeramente alargada, pero siempre individual sin coalescencia con otras manchas. Cuando una mancha ha alcanzado su máximo desarrollo, de 10–20 mm de diámetro, el tejido infectado se vuelve necrótico, se resquebraja y eventualmente se desprende, dejando un orificio circular (Figura 10). Cuando la enfermedad se produce en la nervadura central, ésta se dobla ligeramente hacia el haz o hacia el envés de la hoja, según el lado en que se abre el mayor número de aecias.

La roya deformante produce síntomas muy similares en sus inicios a los de la roya amarilla, pero además de las hojas afecta también pecíolos y tallos. En las hojas se producen las pústulas que crecen circularmente a partir de un punto central; este crecimiento puede ser indefinido y en este caso forma una especie de bolsón de tejido hipertrofiado (Figura 11) que deforma completamente la hoja. Los pecíolos y tallos afectados también se engruesan, se retuercen y se deforman. Las pústulas toman un color anaranjado oscuro, casi marrón.

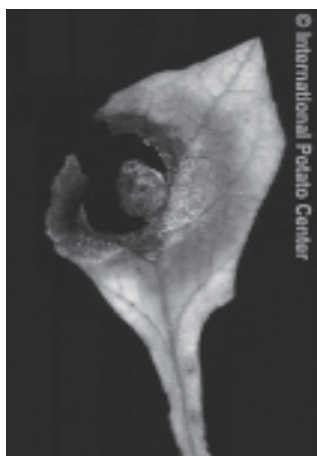


Figura 10. Orificio que dejan las pústulas de roya amarilla al desprenderse de la hoja de ulluco.

Agente causal

Aecidium ulluci Jorstad y *A. cantensis* Arthur son especies del género *Aecidium*, miembros de los Uredinales o grupo de hongos que se caracterizan por su formación de pústulas en el tejido vegetal que parasitan. En el género *Aecidium* están incluidos aquellos hongos de los que sólo se conoce la fase aecídica.

En *A. ulluci* se forman conglomerados redondos a ligeramente elipsoidales de aecias, en ambas superficies de las hojas, pero con mayor frecuencia en el envés. Individualmente las aecias emergen del tejido foliar formando unas motitas (Figura 12). Tienen un peridio hialino grueso, de

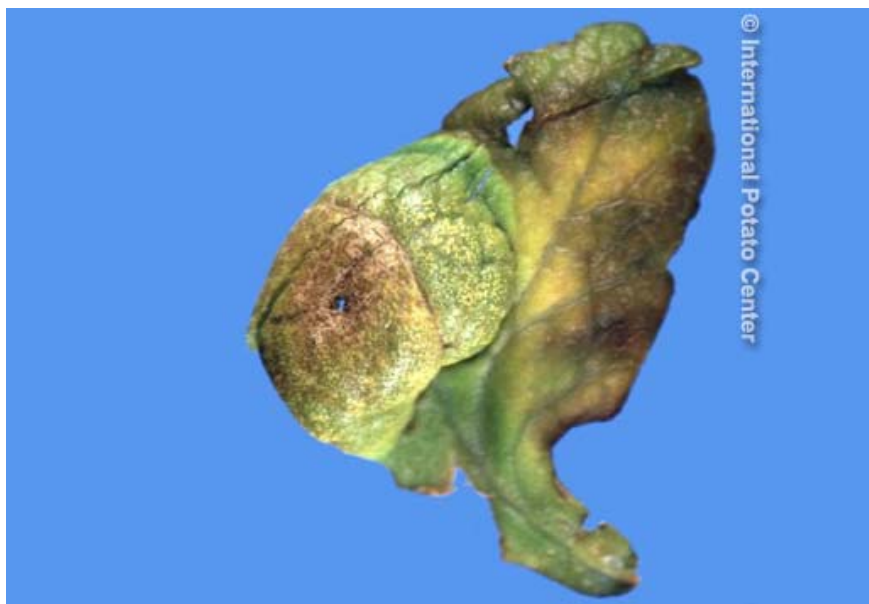


Figura 11. Bolsón de tejido hipertrofiado en una hoja de ulluco afectada por la roya deformante.



Figura 12. Superficie externa de aecias de roya amarilla vistas al microscopio electrónico de rastreo.

células casi hexagonales, que se rompe a la madurez, dejando libres cadenas largas de aeciosporas que luego se fraccionan. La base interna de la aecia está tapizada por un conjunto de estructuras cortas dispuestas en palizada que tienen la forma de botella invertida, en el extremo de las cuales están insertas las aeciosporas, las cuales forman cadenas (Figura 13) de 15 o más unidades. Las aecias tienen un diámetro que fluctúa entre 215 y 462 μm . Las aeciosporas tienen una pared gruesa, lisa, de color amarillo intenso, de forma angulosa y contenido celular granuloso; miden entre 13.2 y 28.8 μm de diámetro.

Aecidium cantensis tiene características morfológicas similares a *A. ulluci*. Produce también aecias que se diseminan formando

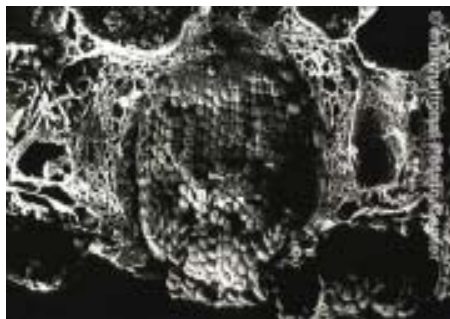


Figura 13. Aeciosporas que forman cadenas en el interior de una aecia vista al microscopio electrónico de rastreo.

han encontrado aecias y picnias en una misma lesión; no así en *A. ulluci*, donde sólo se han observado aecias.

círculos que pueden abarcar más de 20 mm de diámetro, pero siempre en la cara inferior de la hoja. Las aecias tienen forma de copa invertida con peridio hialino y aeciosporas igualmente en cadenas de hasta 20 unidades. Las aeciosporas son hexagonales, de protoplasma denso y granulado, y miden 16–20 por 20–23 μm . En conjunto forman masas de esporas de color anaranjado. En *A. cantensis* se

Epidemiología

Las especies de *Aecidium* son propias de zonas frías y elevadas. Se han encontrado especies afines en papa y en malezas, en ambas vertientes de la cordillera de los Andes. Evidentemente son patógenos favorecidos por las temperaturas bajas, pero no hay referencias sobre sus requerimientos nutricionales; lo que sí es casi una regla es que la enfermedad se inicia cuando la planta está en la etapa de crecimiento rápido, cuando tiene unos 10 cm de altura. Después sólo es posible encontrar manchas maduras en las hojas adultas de la parte baja de la planta. Esto sugiere que la infección se produce bajo condiciones de muy baja humedad, antes del inicio de la estación lluviosa, porque una vez iniciada ésta, no se ha visto que se produzcan reinfecciones.

■ Pudrición Gris

Esta enfermedad afecta la parte aérea de la planta, de preferencia los brotes tiernos, las estructuras florales y las hojas, produciendo necrosis del tejido afectado y caída de flores.

La enfermedad es frecuente en los departamentos de Cajamarca, Cusco y Junín, durante febrero y marzo, con una incidencia de 10–15% en el campo. La enfermedad también afecta los tubérculos en las rumas de almacenamiento, aunque muy esporádicamente, con una incidencia de menos del 1%.

Síntomas

En las hojas se produce necrosis, especialmente en los márgenes, que puede comprometer toda el área foliar (Figura 14) porque la infección avanza rápidamente. Los brotes tiernos y las flores son tal vez las estructuras más vulnerables y susceptibles a la enfermedad.

Los órganos afectados toman una coloración grisácea y luego negra (Figura 15), de apariencia húmeda; colapsan fácilmente y quedan



Figura 14. Necrosis en los bordes de hojas afectadas por pudrición gris.



Figura 15. Necrosis apical causada por *Botrytis cinerea*.

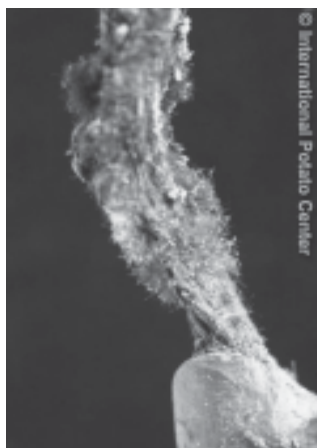


Figura 16. Sobrecrecimiento fungoso en órganos atacados por pudrición gris.

colgando de las partes sanas de la planta, por medio de un enmarañado de micelio del hongo. Posteriormente se secan y se desprenden. En realidad no existe una zona definida entre tejido sano y enfermo.

En ciertos casos, como cuando hay exceso de neblina, las partes afectadas se recubren de un sobrecrecimiento aterciopelado blanquecino, constituido por los conidióforos y las conidias del agente causal (Figura 16). La enfermedad no ataca las partes viejas de la planta; sin embargo, se ha encontrado afectando tubérculos después de tres meses de almacenamiento. Los tubérculos afectados presentan lesiones circulares hundidas; el tejido adyacente a estas lesiones tiene una coloración plomiza y consistencia semiblanda (Figura 17). Las lesiones generalmente se encuentran recubiertas con un crecimiento micelial con el centro de color gris y el borde blanco.

Agente causal

La pudrición gris es causada por el hongo Deuteromycete *Botrytis cinerea* Pers. ex Fries. La identificación de este patógeno se ha hecho por extracción directa de material recolectado en el campo y puesto luego en cámara húmeda para que fructifique. El hongo tiene conidióforos largos que se ramifican en el ápice. La parte terminal de cada una de las ramas del conidióforo tiene una especie de hinchamiento provisto de pequeñas dentículas, sobre las que se forman

sucesivamente las conidias, las cuales forman conglomerados a manera de cabezuelas (Figura 18). Las conidias son unicelulares, elipsoidales u ovales (10 x 10–15 mm), de pared lisa, ligeramente coloreadas de marrón oliváceo. En conjunto las conidias forman masas grisáceas; individualmente son hialinas o de color marrón amarillento.

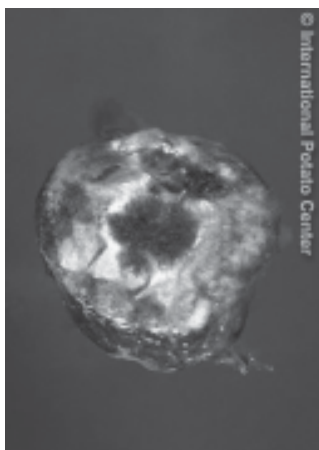


Figura 17. Tubérculo de ulluco después de 2 meses de almacenamiento mostrando pudrición gris.



Figura 18. Conidióforos y conidias de *Botrytis cinerea*, causante de pudrición gris.

En condiciones de laboratorio el hongo crece fácilmente en medio de cultivo PDA, donde forma colonias de micelio algodonoso generalmente blanco. El micelio luego toma una coloración gris y esporula escasamente, a diferencia de lo que ocurre en forma natural, donde la esporulación es abundante. En el medio de cultivo también forma esclerocios pegados al sustrato.

Epidemiología

Los factores que más influyen en el desarrollo de la enfermedad son la temperatura fresca y la presencia de agua libre en el ambiente por efecto de las lluvias o de las neblinas bajas al amanecer. Estos dos factores, unidos a la presencia de vientos, proporcionan el ambiente ideal para el desarrollo y la dispersión de la enfermedad. Generalmente *B. cinerea* produce gran cantidad de esporas en el tejido afectado, especialmente de enero a marzo, que son los meses más lluviosos en la cordillera. Las esporas, transportadas por el viento, germinan con facilidad si encuentran una película de agua en la superficie de una hoja, de un tallo tierno o de los pétalos en la época de floración.

Botrytis cinerea es un hongo polífago y oportunista que puede parasitar un sinnúmero de especies vegetales. Su capacidad saprofítica por excelencia le permite desarrollarse con facilidad en materia orgánica en descomposición, siempre que haya humedad suficiente. Los

esclerocios o estructuras de conservación facilitan su persistencia en el suelo en los residuos de la cosecha durante la época de sequía y constituyen la fuente primaria de inóculo durante la campaña agrícola siguiente. El daño causado por las heladas predispone al tejido al ataque del agente causal de la pudrición gris.

■ Gotera

El nombre de gotera responde a la gran cantidad de líquido que exudan los tubérculos infectados. La enfermedad afecta el cuello de la planta, la raíz principal, las raicillas y los tubérculos. Puede ser un factor limitante cuando la humedad del suelo es persistente.

La enfermedad es más frecuente en plantas de ulluco en pleno desarrollo vegetativo, en los meses de enero y febrero. Si bien la incidencia en el campo es baja (0.2%), cuando los tubérculos se contaminan durante la cosecha, la enfermedad se disemina con facilidad en los montones de recolección y los tubérculos son totalmente destruidos, especialmente si han sido lesionados o han sufrido daños por heladas. La enfermedad está presente en los departamentos de Junín y Pasco.

Síntomas

Los síntomas se observan en la parte aérea de la planta, el cuello, el sistema radicular y los tubérculos. Una manifestación externa de la enfermedad en el campo es el amarillamiento del follaje y la falta de desarrollo de la planta. El amarillamiento se inicia en la punta de las hojas y avanza hacia el centro. Las hojas se vuelven cloróticas y finalmente se secan, sobre todo las hojas más viejas.



Figura 19. Lesión hundida húmeda en el cuello de una planta de ulluco con gotera.

En el cuello de la planta se producen lesiones hundidas, húmedas, de color marrón rojizo, recubiertas de crecimiento micelial (Figura 19). La lesión puede circundar el tallo y producir estrangulamiento. Los tallos afectados se doblan y se secan.

En la raíz principal se producen lesiones hundidas de color plomizo, con el tejido deteriorado por pudrición húmeda. Asimismo, las raíces

más delgadas y las raicillas se ennegrecen, y la corteza se desintegra y se desprende del cilindro vascular, de tal manera que cuando se arranca del suelo una planta afectada, no ofrece ninguna resistencia porque las raicillas se rompen fácilmente y se quedan en el suelo.

Los tubérculos originados en plantas enfermas están generalmente contaminados. Presentan inicialmente ligeras lesiones hundidas que crecen rápidamente. La pulpa se oscurece, se vuelve blanda y presenta cavidades. Finalmente, el tubérculo se pudre, se recubre de crecimiento micelial (Figura 20) y, cuando se presiona, deja salir gran cantidad de líquido.

Agente causal

Del tejido afectado de tubérculos de ulluco se ha aislado frecuentemente *Pythium ultimum* Trow., hongo Oomycete que parasita un sinnúmero de especies vegetales y causa pudrición acuosa. El hongo se caracteriza por su micelio hialino cenocítico y grueso, con abultamientos de trecho en trecho. En el micelio se forman esporangios esféricos, generalmente terminales, que miden entre 13.2 y 27.6 mm de diámetro. El



Figura 20. Pudrición húmeda (gotera) en un tubérculo de ulluco.



Figura 21. Anteridio y oogonio de *Pythium ultimum* causante de gotera en ulluco.

hongo forma con facilidad órganos sexuales. El oogonio es esférico, terminal y de pared lisa, y mide entre 15.8 y 22.3 mm de diámetro. El anteridio es monoclinico, en forma de bolsa alargada, y está ubicado inmediatamente debajo del oogonio (Figura 21). Las oosporas se forman después de la fecundación, son apeleróticas, miden entre 12.9 y 20.10 mm de diámetro y presentan un glóbulo central de reserva.

Pythium ultimum es fácil de aislar a partir de tejido enfermo. Crece bien en medio de cultivo de laboratorio, formando colonias de micelio aéreo blanco y de forma lobulada. Los esporangios no producen zoosporas.

Epidemiología

Pythium ultimum es un habitante del suelo que parasita muchas especies vegetales, pero es particularmente activo en suelos de composición arcillosa que retienen agua, circunstancia favorable para el hongo, si está acompañado de temperaturas por debajo de 18°C. Estas condiciones se encuentran presentes en las zonas de cultivo del ulluco y puede haber un exceso de humedad por las constantes lluvias. La transmisión a los tubérculos sanos se realiza durante la cosecha cuando se ponen en contacto con material infectado, especialmente si han recibido lesiones.

Cuando inadvertidamente se almacenan tubérculos afectados, aunque sólo tengan una ligera lesión, al cabo de unos días es posible encontrarlos completamente podridos y recubiertos de micelio en las rumas de almacenaje.

Como todo habitante del suelo, *P. ultimum* pasa por una fase activa de parasitismo mientras haya un sustrato apropiado. Después el hongo se mantiene en su forma saprofítica en los desechos vegetales o como oosporas que pueden mantener su viabilidad cuando faltan nutrientes en el suelo.

■ Rizoctoniasis

Rhizoctonia solani ha sido aislado de casi todas las zonas donde se cultivan raíces y tubérculos andinos; sin embargo, sus daños son relativamente menores. El hongo generalmente produce daños serios en otras especies que se siembran en la región andina, tales como la papa. La enfermedad se ha observado también en oca, mashua y maca con características similares.

Síntomas

En ulluco los síntomas más intensos se han observado en las plantas que detienen su desarrollo debido a que sus raíces y raicillas han sido afectadas por el patógeno. En las raicillas se observa una necrosis completa, de tal manera que el tejido se torna sumamente frágil y la planta se puede desprender del suelo con facilidad. Las raíces más gruesas, y a veces los estolones, muestran lesiones hundidas de color marrón oscuro que pueden abarcar grandes extensiones. En los tubérculos los daños son leves; generalmente son escoriaciones que sólo comprometen el peridermo. En una planta afectada no todos los tubérculos presentan síntomas. También se ha observado necrosis en las puntas de los brotes y el cuello.

Agente causal

En ulluco sólo se ha encontrado al hongo en su estado (asexual) de *Rhizoctonia solani* Kühn, a diferencia de otros cultivos andinos en los que generalmente coexiste con su fase sexual *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk.

No se conoce el grupo de anastomosis al que pertenece el hongo aislado de ulluco y tampoco se han encontrado esclerocios. Las hifas jóvenes, como ya se ha descrito, son de color canela claro, ramificadas en ángulo agudo, con constricciones en su unión con la rama principal. En cambio, las hifas maduras tienen color marrón, son gruesas y sus ramificaciones son en ángulo recto. Las hifas maduras llegan a medir entre 8 y 10 mm de diámetro y tienen dos puntos refringentes opuestos a ambos lados de la septa.

Epidemiología

Rhizoctonia solani es un habitante del suelo que, en su condición de parásito facultativo por excelencia, puede vivir a expensas de la materia

orgánica presente en el suelo y de plantas vivas. Otra característica de este hongo es que parasita un sinnúmero de especies botánicas, incluso algunas gramíneas, y también puede ser un invasor secundario de tejidos vegetales en proceso de descomposición.

Aunque no se conoce la epidemiología de *R. solani* en ulluco, se puede deducir que ni la temperatura ni la humedad que imperan en la zona andina influyen negativamente en su desarrollo.

La diseminación se produce probablemente por el agua de lluvia que arrastra partículas de suelo infestado.

■ Gangrena

Aunque esta enfermedad es adquirida en el campo, se sigue desarrollando después que los tubérculos son almacenados. La incidencia es de alrededor del 2%, pero puede llegar a destruir grandes volúmenes de tubérculos después de un mes de almacenamiento.

Síntomas

La enfermedad afecta hojas, tallos y tubérculos. En las hojas se presenta como manchas redondeadas, casi simétricas, con bordes definidos de color marrón oscuro (Figura 22); en una misma hoja pueden haber muchas manchas que al final coalescen y secan la hoja.

En la base del tallo las lesiones son alargadas y hundidas (Figura 23), y pueden alcanzar hasta 50 mm de longitud. Al centro de las lesiones se encuentra una gran cantidad de picnidios que forman una especie de costra negra.

En los tubérculos la enfermedad se inicia generalmente en el extremo proximal del tubérculo, en forma de ligeras depresiones de color marrón



Figura 22. Lesiones foliares redondeadas de borde marrón rojizo y centro grisáceo causadas por *Phoma exigua*.



Figura 23. Lesión hundida en un tallo de ulluco causada por *Phoma exigua*.

negruzco, pero a medida que avanza la infección, el tejido se torna más oscuro a casi negro, las lesiones se profundizan y abarcan áreas mucho más amplias. Lo más significativo de la enfermedad, y lo que le da carácter de diagnóstico, es la presencia de una gran cantidad de picnidios de color marrón oscuro a negro que le dan el color a la lesión.

En los tubérculos cosechados dejados a temperatura del laboratorio la lesión crece rápidamente y destruye una gran porción de tejido en poco tiempo. Los tubérculos almacenados por algún tiempo se vuelven negros progresivamente, a partir del extremo que estuvo unido al estolón (Figura 24). El tejido ennegrecido se arruga ligeramente. Al



Figura 24. Porciones de tejido ennegrecido en tubérculos de ulluco afectados por *Phoma exigua*.

hacer un corte longitudinal del tubérculo se observa una cavidad tapizada íntegramente por una gran cantidad de picnidios.

Agente causal

Los tubérculos que se llevan del campo con infección inicial se destruyen completamente, tomando una coloración negra reluciente y apariencia arrugada después de dos meses de almacenamiento.

La descripción del agente causal, *Phoma exigua* Des., se ha hecho por extracción directa a partir de tallos y tubérculos recogidos del campo y luego colocados en cámara húmeda en el laboratorio. *P. exigua* es un hongo Deuteromycete que forma grupos de picnidios globosos y parenquimatosos, de color marrón oscuro a negro (Figura 25), de tamaño variable entre 145.8 y 370 mm de diámetro. Las conidias son hialinas, algunas de ellas gutuladas, de forma ovoide a elipsoidal, de tamaño entre 2.8 y 10.8 mm de largo y 2.0 y 5.5 mm de diámetro. En general las conidias son unicelulares, aunque ocasionalmente se han encontrado conidias con 2–3 células. En conjunto las conidias recién expulsadas del picnidio tienen un color ligeramente amarillento.

En medio de cultivo (PDA) el hongo forma inicialmente colonias de tinte plomizo que posteriormente se vuelven negras por la presencia de innumerables picnidios que crecen parcialmente sumergidos en el sustrato.

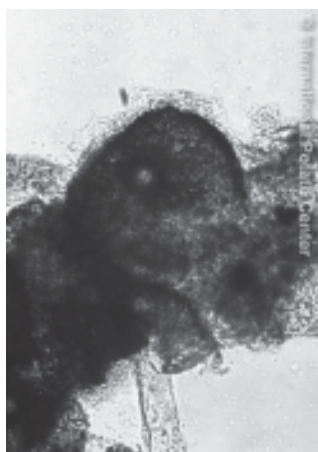


Figura 25. Picnidios de *Phoma exigua* aislado de tubérculos de ulluco.

Epidemiología

Phoma es un género de hongos que habitan el suelo y es hábil en la descomposición de materia orgánica, pero también es patógeno para un gran número de especies vegetales. Generalmente se comporta como parásito débil que requiere heridas para iniciar su acción patogénica, pero también el ataque puede iniciarse en tejido que ha sido previamente afectado por otros patógenos, por ejemplo *Fusarium* spp. En el caso específico de *P. exigua* en ulluco, parece que el hongo es favorecido por las temperaturas bajas en el suelo y suficiente humedad, condiciones que prevalecen en la

cordillera andina, especialmente en la época de cosecha (entre mayo y junio), que es cuando la enfermedad se hace evidente en los tubérculos.

El inóculo se conserva de una campaña a otra en el suelo. Se desconoce si los tubérculos usados como semilla son portadores de inóculo inicial. En cambio, si los tubérculos almacenados tienen infección, por mínima que ésta sea, son destruidos en poco tiempo.

■ Pudrición por *Hypochnus*

Esta enfermedad produce daños severos en el almacén, aunque se inicia en el campo. Destruye totalmente el tubérculo, aunque en su estado inicial pasa desapercibida. Cuando la cosecha se retrasa, es posible observar tubérculos afectados. Si bien el daño todavía no es considerable, la calidad del producto desmejora. Tubérculos afectados se recolectaron de rumas de cosecha y de los mercados rurales en el departamento de Junín (Huancaayo).

Síntomas

Los primeros indicios de la enfermedad se observan en los tubérculos recién cosechados como manchitas hundidas de color marrón de 1 mm de diámetro, que generalmente pasan inadvertidas. Las manchas crecen rápidamente en forma simétrica, formando lesiones circulares, corchosas y hundidas, que tienen la particularidad de presentar grietas en forma de cruz o de «Y» (Figura 26). Debajo de la lesión el tejido es seco y duro.



Figura 26. Lesiones circulares hundidas con grietas en el centro en tubérculos de ulluco atacados por *Hypochnus* sp.

En el almacén el tubérculo se consume rápidamente y generalmente es invadido por hongos secundarios que aceleran la descomposición, por ejemplo, especies de *Fusarium*.

El hongo causante de la enfermedad, además de destruir el tubérculo inicialmente afectado, se disemina hacia los tubérculos circundantes, lo cual generaliza la infección en el almacén. En el laboratorio, cuando se colocan tubérculos afectados en cámara húmeda, se desarrolla un micelio blanco muy fino a partir del área afectada, que avanza y puede recubrirlos totalmente (Figura 27).

Agente causal

El agente causal es *Hypochnus* sp., hongo Basidiomycete, cuya forma vegetativa está conformada por un micelio de hifas hialinas, delgadas, de 1.5–2.0 mm de diámetro, provistas de fíbulas (Figura 28).

El hongo crece bien en el laboratorio en medio de cultivo, donde forma una especie de costra seca, coriácea y aterciopelada, constituida por hifas entrecruzadas que forman un tejido ralo. En este tejido se encuentran las basidias en grupos formando un himenio compacto y liso. Las basidias sostienen a las basidiosporas por medio de un esterigma corto. Las basidiosporas tienen una pared rugosa, ligeramente coloreada.

Epidemiología

No se han encontrado evidencias que permitan determinar cómo se conserva el hongo en el suelo. Diferentes especies de *Hypochnus* parasitan plantas leñosas y se mantienen como parásitas en tejido vivo o como saprófitas en el tejido muerto de la corteza. En los tubérculos de ulluco el hongo se desarrolla muy bien si se le proporcionan temperatura y humedad adecuadas, condiciones que prevalecen en las rumas de almacenamiento en recintos cerrados. En el laboratorio el hongo se desarrolla bien a temperatura ambiente ($21 \pm 2^\circ\text{C}$).

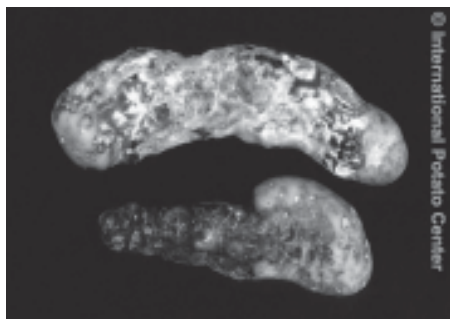


Figura 27. Micelio de *Hypochnus* sp. formado en la superficie de tubérculos de ulluco.

En estudios realizados para determinar la capacidad de almacenamiento, se ha encontrado hasta un 10% de

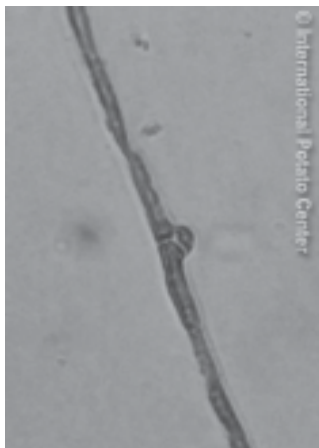


Figura 28. Hifa de *Hypochnus* sp. mostrando la fibula característica de los Basidiomycetes.

reducción del peso por efecto de la enfermedad. La dispersión del patógeno sería por el agua de lluvia y por insectos que parasitan las raíces, especialmente larvas de lepidópteros que se desplazan en el suelo de una planta a otra y de un tubérculo a otro, antes de la cosecha.

■ Pudrición por *Rhizopus*

Como en el caso de otros tubérculos andinos, la pudrición por *Rhizopus* en ulluco se debe a un mal manejo al momento de la cosecha.

Síntomas

Los tubérculos afectados se oscurecen completamente y se recubren de una lanosidad blanca grisácea (Figura 29) con estructuras semejantes a cabezas de alfiler. La pulpa se ablanda, aunque no tanto como para deformar los tubérculos, como ocurre en otras especies. Por alguna razón el tejido no se desintegra totalmente y mantiene su estructura casi compacta.

Agente causal

Rhizopus oryzae Went & Prinsen-Geerligs, *R. stolonifer* Ehr. y *R. microsporus* V. Tiegh son tres especies de Zygomycetes que se han encontrado asociadas con la pudrición del tubérculo de ulluco. *R. oryzae* tiene conidióforos de más de 1 mm de largo y 10–20 mm de grosor que emergen por pares y van unidos por un extremo a rizoides sin



Figura 29. Tubérculo sano y tubérculo afectado por *Rhizopus* spp.

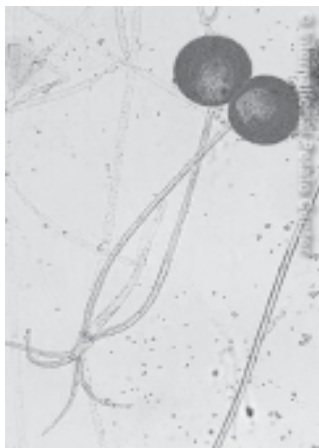


Figura 30. *Rhizopus oryzae* aislado de tubérculo de ulluco.

ramificaciones secundarias y por el otro a esporangios que miden hasta 150 μm de diámetro y contienen numerosas esporas elipsoidales de 8-10 μm de largo. La columela es elipsoidal y es más larga que ancha (Figura 30).

Rhizopus stolonifer tiene esporangióforos de hasta 2 mm de largo; los esporangios alcanzan hasta 200 μm de diámetro con esporas ovaladas que miden entre 10 y 25 μm de largo. La columela es globosa. Los rizoides son de ramificación compleja.

Rhizopus microsporus tiene rizoides simples y esporangióforos que alcanzan una longitud máxima de 0.8 mm. Los esporangios son globosos y la columela

ligeramente piriforme, más angosta en su unión con el esporangióforo. Las esporas son de tipo homogéneo y miden entre 4.9 y 5.6 μm .

Las especies de *Rhizopus* crecen muy bien en medio de cultivo de laboratorio, donde forman colonias lanosas que llenan la placa petri y producen esporangios luego de tres días a 28°C.

Las especies de *Rhizopus* son los mayores contaminantes del ambiente; sus esporas se encuentran suspendidas en el aire o sobre diversos objetos. Cualquier material que contenga almidón y suficiente humedad es un sustrato apropiado para su desarrollo.

Epidemiología

Las especies de *Rhizopus* se desarrollan mejor a temperaturas altas, aunque la germinación de las esporas y la infección se realizan mejor a 20°C. La humedad relativa de 70–80% favorece la infección.

Cuando el ulluco se cosecha y se deja desprotegido en un costado del campo, se produce la tasa de infección más alta, porque el sol de la tarde y el rocío de la madrugada influyen favorablemente en la germinación de las esporas y en la penetración del tubo germinativo en el tejido, especialmente si se han producido heridas.

Los hongos de este grupo producen enzimas pectolíticas con las que disuelven el sustrato en el que se desarrollan. Por esta razón son muy eficientes en la desnaturalización de los tejidos que invaden.

■ Pudrición por *Fusarium*

Una de las enfermedades más importantes del ulluco almacenado es la fusariosis. Reduce hasta en 2% el producto cosechado. La enfermedad tiene un desarrollo acelerado, de manera que en poco tiempo los tubérculos son destruidos. La enfermedad se ha encontrado en las rumas de almacenaje y en el material que se expende en los mercados. Es mucho más frecuente en tubérculos que provienen de campos donde se producen ataques de larvas que hacen heridas cuando se alimentan.

Síntomas

La pudrición se inicia en cualquier parte del tubérculo, sobre todo si se han producido lesiones. Un mismo tubérculo puede tener varios puntos de infección. Una vez que el hongo ha entrado en contacto con el tejido del tubérculo, se desarrolla formando cavidades circulares tapizadas de un crecimiento micelial tenue de color blanco (Figura 31). La cavidad crece

hasta que al final el tubérculo queda reducido a su mínima expresión; es simplemente un residuo momificado de color negro y consistencia dura.



Figura 31. Tubérculos de ulluco con lesiones producidas por *Fusarium oxysporum*.

Otro tipo de pudrición seca, que también se presenta en ulluco almacenado, consiste en la formación de áreas generalmente redondas, recubiertas de un micelio ligeramente rosado y una gran cantidad de conidias. En este tipo de pudrición el tejido afectado es de consistencia corchosa y presenta anillos concéntricos (Figura 32).



Figura 32. Lesión anillada causada por *Fusarium roseum* en tubérculo de ulluco.

Agente causal

De las lesiones y del tejido momificado se ha aislado *Fusarium oxysporum* Schl. Snyder & Hansen.

Fusarium oxysporum es un hongo bastante común en la naturaleza porque produce una gran cantidad de microconidias que germinan con mucha facilidad. Las microconidias son generalmente unicelulares y ovaladas y se forman en falsas cabezas en el extremo de monofilídes cortos. El hongo también forma macroconidias y clamidosporas. Las macroconidias son ligeramente falcadas, con una célula apical atenuada y una célula basal en forma de bota; tienen 3–5 septas y un ancho menor de 4 µm (Figura 33). Las clamidosporas son terminales o intercalares, solitarias o en cadenas. En medio de cultivo PDA el hongo forma un micelio blanco y flocooso que produce un pigmento violeta en la base de la colonia.

De las áreas del tubérculo con anillos concéntricos se ha aislado *Fusarium roseum* Link emend Snyder & Hansen (syn = *F. gramineum*). Este hongo forma colonias de micelio blanco rosado. Las macroconidias son delgadas y bien curvadas. No forma microconidias ni clamidosporas.

Epidemiología

Fusarium oxysporum es un organismo eficiente en la descomposición de materia orgánica. Vive en el suelo en su forma saprofítica, en ausencia de un hospedante apropiado, o se mantiene latente como clamidospora.

No se conocen los factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad en el campo, pero en el almacén, donde la temperatura prevalente es de 15–18°C y la humedad es alta, producto de la transpiración de los tubérculos, *F. oxysporum* es sumamente activo, pues consume el sustrato en un tiempo relativamente corto. En medio de cultivo de laboratorio crece a temperatura ambiental (22°C).



Figura 33. Macroconidias y microconidias de *Fusarium oxysporum*.

La enfermedad se inicia en el campo antes de la cosecha, esto es, durante la cosecha se recogen los tubérculos que ya están infectados, sobre todo en campos donde hay larvas de insectos noctúdeos como *Botinus minor* que al alimentarse dejan heridas, las mismas que son invadidas por *Fusarium* y otros hongos patógenos.

■ Lanosa

Esta enfermedad tiene características graves porque deteriora el tubérculo antes de la cosecha. Sólo se ha encontrado en la localidad de Chaclla, en el departamento de Huánuco, con una incidencia del 20%. Sin embargo, se tiene información de que es una enfermedad muy importante en el Ecuador.

Síntomas

Los síntomas son muy parecidos a los que se observan en papa y oca, otros hospedantes susceptibles. Las plantas detienen su desarrollo, se tornan amarillas y las hojas más bajas mueren. Las partes subterráneas, tales como el cuello, la raíz principal, los tubérculos y los estolones, se recubren de un crecimiento fungoso compuesto por cordones de micelio a manera de rizomorfos de color blanco grisáceo, los cuales se pueden separar fácilmente de los terrones que rodean el sistema subterráneo de la planta. Los tubérculos afectados tienen por debajo del micelio blanco grisáceo que recubre su superficie una capa costrosa de color negro (Figura 34), constituida por los esclerocios del agente causal. Cuando se cortan transversalmente los tubérculos sintomáticos, se pueden observar en la pulpa unas proyecciones micelianas de color blanquecino que parten de la superficie costrosa y avanzan hacia el centro en forma radial (Figura 35). Finalmente, la planta y los órganos afectados se pudren, con un tipo de pudrición dura.

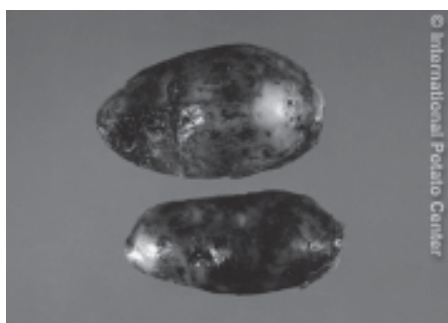


Figura 34. Síntomas externos de tubérculos de ulluco con lanosa.

Agente causal

Dematophora sp. se ha aislado de prácticamente todo el sistema subterráneo de la planta, incluyendo la tierra que circunda a las plantas afectadas. El hongo tiene dos tipos de micelio; uno de ellos es blanco, formado por hifas hialinas que presentan hinchamientos a manera de raqueta en la proximidad de la septa y que generalmente se

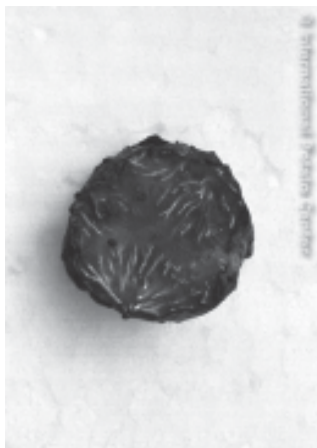


Figura 35. Proyecciones micelianas en un corte transversal de tubérculo afectado por lanosa.

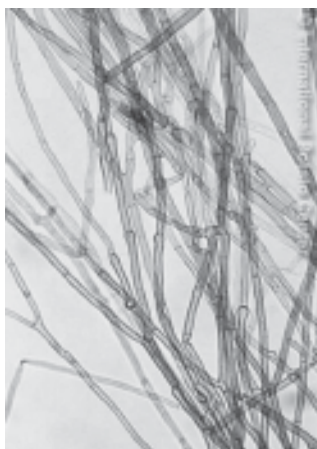


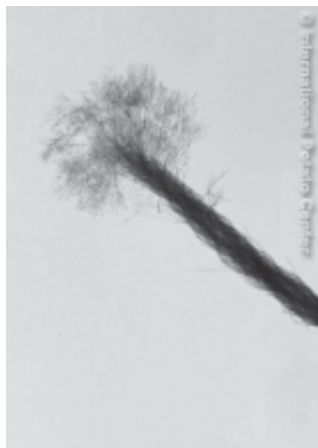
Figura 36. Hinchamientos a manera de raqueta en micelio de *Dematophora* sp. causante de lanosa.

adosan paralelamente, formando cordones que recubren la superficie de los órganos afectados. El otro tipo de micelio es marrón oscuro (Figura 36), tiene las mismas características morfológicas que el micelio hialino, pero se agrega formando costras fuertemente adheridas al tejido afectado, especialmente a los tubérculos.

El hongo es un Ascomycete en su fase sexual o teleomórfica, *Rosellinia* sp. Sin embargo, en ulluco sólo se ha encontrado la fase conídica o anamórfica que corresponde a *Dematophora* sp., hongo Deuteromycete, cuyos conidióforos se encuentran formando sinemas columnares que se abren en el extremo apical a manera de penacho (Figura 37). Los terminales del conidióforo son irregulares, provistos de dentículas. Las conidias son unicelulares, ovales, de superficie lisa, inicialmente hialinas y luego se colorean de marrón rojizo. Están insertas en las dentículas del conidióforo en forma solitaria y miden 3–5 μm de largo por 2.0–2.5 μm de ancho.

Epidemiología

La enfermedad es endémica en Huánuco en cultivos de papa, además de ulluco, en los que causa daños de consideración. El exceso de humedad en el suelo, ocasionado por las fuertes y persistentes lluvias, sensibiliza a la planta y favorece al patógeno. Posiblemente la reacción ácida de los suelos de Chaclla, con un pH que oscila entre 4.5 y 5.5, conjuntamente con la humedad influyen en la persistencia y el



desarrollo del hongo en el suelo. En papa se ha mencionado que el uso de «gallinaza» como fertilizante favorece el desarrollo de la enfermedad.

Figura 37. Estructuras en forma de penacho donde se encuentran las conidias y conidióforos de *Dematophora* sp.

■ Manchado del Tubérculo

Con frecuencia se ven en los mercados tubérculos de ulluco que presentan decoloraciones y leves escoriaciones en la piel. Si bien la enfermedad no causa destrucción evidente, los síntomas desmejoran la calidad estética del producto y generalmente es rechazado en mercados exigentes. En cosechas tardías hasta un 50% de los tubérculos presentan síntomas.

Síntomas

El síntoma más evidente de la enfermedad es la presencia de manchas muy tenues e irregulares en la superficie del tubérculo. Las manchas pueden abarcar una gran extensión del peridermo, aunque no son muy profundas. En algunas variedades se producen escoriaciones y pequeñas grietas (Figura 38). También se observan pequeños puntos negros en el centro de la mancha.

La enfermedad es más importante cuando afecta las raíces y raicillas porque disminuye la capacidad de absorción y, por consiguiente, el desarrollo normal de la planta. Lesiones hundidas de color marrón oscuro a negro pueden comprometer gran parte de la raíz. Las raicillas se pudren, comenzando por la punta; como consecuencia, las plantas afectadas reducen su crecimiento y se muestran mustias en las horas del día con mayor evaporación.

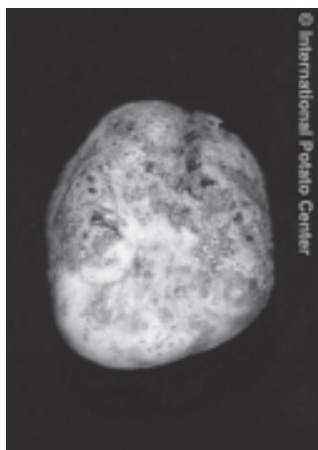


Figura 38. Síntoma de manchado del tubérculo de ulluco.

Agente causal

El agente causal, *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Br.) Ferr. (syn = *Chalara elegans* Nag Raj & Kendrick), es un hongo habitante del suelo que ataca a muchas especies de plantas cultivadas. Produce dos clases de conidias asexuales: las endoconidias, que se forman en un endoconidióforo del cual son expulsadas solitarias o en cadenas, y las clamidosporas. Tanto los endoconidióforos como las clamidosporas se forman generalmente en el extremo de las hifas y es común observar grupos de endoconidióforos y de clamidosporas que se forman a partir de una rama común del micelio (Figura 39). Los endoconidióforos son alargados, tienen la forma de botella con la base ancha y el

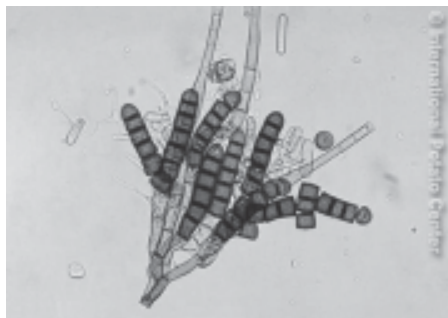


Figura 39. Endoconidióforos, endoconidias y clamidosporas de *Thielaviopsis basicola* aislado de tubérculos de ulluco.

cuello largo y delgado y miden 15–16 mm de largo. Las endoconidias son hialinas y rectangulares, pero con los extremos redondeados; miden 6 por 4 mm. Las clamidosporas son de color marrón rojizo o marrón oscuro, casi negro; se presentan en cadenas que se fragmentan en 6–8 estructuras individuales.

El hongo crece bien en medio de cultivo PDA, en el que forma colonias de color hialino

grisáceo, constituido de hifas hialinas, a partir de las cuales se forman las estructuras asexuales con mucha facilidad. No se han encontrado estructuras de origen sexual.

Epidemiología

El hongo se conserva de una campaña a otra en el suelo o en el tejido vegetal que queda después de la cosecha, en forma de clamidosporas; por lo tanto, la infección inicial en el campo resulta de la germinación de estas estructuras. Las endoconidias son de vida más efímera y su papel en la epidemiología de la enfermedad es secundario.

Los factores que incrementan la severidad de la enfermedad son el pH alcalino, la temperatura baja y la excesiva humedad del suelo o los aniegos. El suelo frío y húmedo durante el desarrollo del cultivo y la maduración de los tubérculos es otro factor que incide en la presencia de la enfermedad.

Durante el tiempo en que los tubérculos permanecen almacenados, cualquier lesión o escoriación que no esté convenientemente suberificada puede servir para el ingreso de otros organismos que causan pudrición.

■ Marchitez por *Verticillium*

La marchitez es un síntoma que puede ser causado por muchos microorganismos, hongos y bacterias que destruyen las raíces o invaden el sistema vascular. *Verticillium* es un hongo polífago que parasita más de 250 especies de plantas, causa daños de tipo vascular y, por consiguiente, causa marchitez. Si bien el hongo se encuentra en todo el mundo atacando a otros cultivos, en campos de ulluco sólo algunas plantas son afectadas; por lo tanto, los daños son de poca consideración. En ulluco, la marchitez causada por *Verticillium* se puede observar en distintos estados fenológicos de la planta. Está presente en los departamentos de Cusco y Junín con una incidencia relativamente baja.

Síntomas

En un campo de cultivo, lo que se observa a primera vista es el amarillamiento de las plantas, sobre todo de las hojas inferiores. A medida que la enfermedad avanza, las hojas afectadas se secan pero quedan adheridas al tallo (Figura 40). Después sobreviene la marchitez como consecuencia de un desarrollo masivo del hongo en el sistema vascular;



Figura 40. Plantas de ulluco con amarillamiento causado por *Verticillium dahliae*.

este hecho proporciona una pauta en el diagnóstico. Cuando se corta un tallo afectado, se observa la presencia de estrías marrones rojizas en el xilema. Los síntomas se observan mayormente en plantas cercanas a la madurez fisiológica, pero ni las raíces, ni los tallos, ni los tubérculos muestran señales externas de la enfermedad. Se ha aislado al agente causal a partir de tallos, brotes y tubérculos de plantas con síntomas, sobre

todo si éstos han permanecido enterrados durante el período de estiaje como se acostumbra en algunas regiones del Perú.



Figura 41. Conidióforos ramificados en forma verticilada aislados de tallos de ulluco con síntoma de amarillamiento.

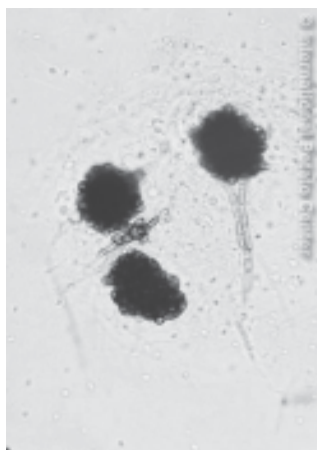


Figura 42. Microesclerocios de *Verticillium dahliae* aislados de ulluco.

Agente causal

Verticillium dahliae Kleb. es un Deuteromycete que forma un micelio hialino, floco, tabicado y delgado. Del micelio nacen conidióforos ramificados en manojos verticilados (Figura 41), en cuyos ápices se forman conidias unicelulares, hialinas y ovoides de 6.5 por 3.0 mm de tamaño. Cuando el micelio envejece, forma hifas oscuras y microesclerocios (Figura 42), estructuras constituidas por un conglomerado de células redondas de pared gruesa oscura y protoplasma denso y finamente granuloso. Los microesclerocios son estructuras de conservación que permiten sobrevivir al hongo en el suelo por períodos prolongados, en ausencia de un hospedante.

Epidemiología

Verticillium es un habitante del suelo que se mantiene en su forma de microesclerocios en desechos vegetales o residuos de cosecha. Las conidias son de vida muy corta y se secan con facilidad cuando no hay humedad adecuada. Parece que la temperatura no tiene una marcada influencia porque la enfermedad se ha encontrado en el departamento de Cusco, a 3300 m de altitud, donde la temperatura oscila entre 5 y

24°C durante la época de cultivo. Pero a altitudes por encima de los 3600 m no se detecta la enfermedad.

Se menciona en la literatura la presencia de variantes de *V. dahliae* en lo que respecta a sus requerimientos de temperatura. En condiciones de laboratorio crece bien a 21°C. Los síntomas son más severos después de lluvias fuertes o irrigación en campos que han estado sujetos a deficiencia de agua. En otros cultivos, por ejemplo papa, la marchitez por *Verticillium* está supeditada a la presencia de nematodos en el suelo, especialmente del género *Pratylenchus* (nematodos de la lesión).

El aislamiento de *Verticillium dahliae* de tubérculos de ulluco hace presumir que una forma de transmitir la enfermedad de una campaña a otra es el uso de tubérculos-semilla que llevan consigo el hongo.

■ Pudrición por *Erwinia*

Las pudriciones bacterianas en general pueden causar daños considerables si no se maneja bien el cultivo. Especies de *Erwinia* parasitan un número considerable de plantas cultivadas en todas las latitudes. Su eficiencia para desintegrar el tejido vegetal es excepcional y se debe a que producen enzimas capaces de desintegrar la lámina media y la pared celular. Los mayores daños se han observado en los tubérculos después de la cosecha.

Síntomas

Como en toda pudrición blanda, el tejido parenquimático se macera y se convierte en una masa húmeda y granulosa de color crema y consistencia de papilla (Figura 43). La demarcación entre el tejido sano y el enfermo es evidente, por lo que la parte comprometida puede desprenderse con facilidad. La parte exterior afectada se arruga, se reblandece y se descolora. La pudrición es inicialmente inodora, pero a medida que avanza se genera un olor desagradable y fuerte, debido a la presencia de otros microorganismos que aceleran la putrefacción.

Tubérculos aparentemente sanos pueden contener infección latente, lo que quiere decir que llevan bacterias sobre la superficie, en el interior de las lenticelas y en heridas suberizadas. Cuando se usan estos tubérculos como semilla, se deterioran después de la siembra.

Agente causal

Erwinia carotovora subsp. *carotovora* Jones, bacteria anaeróbica facultativa de forma abastionada, de flagelos peritricos (Figura 44) y Gram negativa, que genera hoyos profundos en el medio cristal violeta peptato (CVP), es el agente causal de la pudrición de los tubérculos de ulluco. Sus potentes enzimas pectolíticas y celulolíticas desintegran los tejidos en poco tiempo.

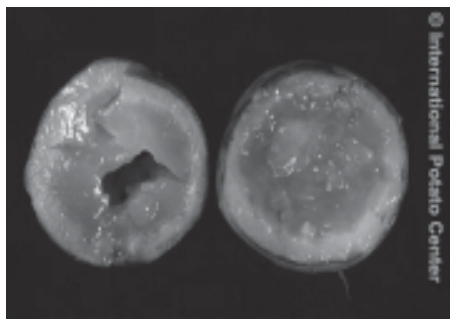


Figura 43. Corte transversal de un tubérculo afectado por *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

Epidemiología

Los tubérculos-semilla infectados en forma latente son una fuente importante de inóculo y disseminación de las *Erwinia*.



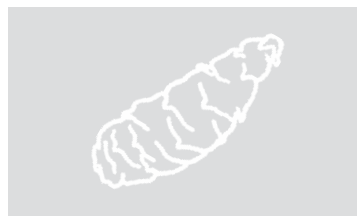
Figura 44. Microfotografía al microscopio electrónico de transmisión de una célula bacteriana de *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*.

Los tubérculos infectados se pudren en el terreno durante el período de cultivo cuando hay exceso de agua. En el suelo, y debido a la presencia de agua, se movilizan e invaden las lenticelas o se quedan en la superficie de los tubérculos nuevos. Durante la cosecha, manipulación y clasificación probablemente ocurre la mayor diseminación de la bacteria, debido a que el tejido congelado de los tubérculos afectados por las bajas temperaturas se deteriora, lo que facilita la penetración y multiplicación de la bacteria. La contaminación de los tubérculos sanos se produce por contacto con tubérculos infectados o con las superficies infestadas de mucílago bacteriano.

Los insectos, atraídos por el tejido podrido o por el tejido herido, transmiten la bacteria a tubérculos sanos. El agua de riego

contaminada es otro vehículo que disemina la bacteria en un campo de cultivo.

La bacteria puede sobrevivir en el suelo de una campaña a otra, en restos de plantas infectadas y en los tubérculos con infección latente que quedan en el campo. Asimismo, sobrevive en la rizósfera de otros cultivos y malezas. Bajo condiciones de almacén, la pudrición por *Erwinia* se presenta cuando los tubérculos son almacenados húmedos y en condiciones anormales de anaerobiosis, o por la interacción con la pudrición por especies de *Fusarium* u otros patógenos.



Oca

(*Oxalis tuberosa* Molina) Oxalidacea

La oca es una planta que se cultiva en toda la zona andina a partir del sur de Venezuela, entre los 3000 y 4000 m de altitud. Crece en suelos pobres y es tolerante a climas fríos.

Su sabor dulzón, su consistencia harinosa y su contenido de casi 9% de proteína hacen de este tubérculo un alimento nutritivo, popular entre la población andina. Por sus cualidades culinarias y nutricionales la oca ha captado la aceptación en países como Nueva Zelanda y México.

La planta de oca es herbácea, anual y de hojas trifoliadas. Produce tubérculos alargados cilíndricos a casi cónicos, de colores que varían entre el blanco, rosado, rojo, guinda, lila y morado. Tiene ojos profundos dispuestos simétricamente.

Varias enfermedades atacan al cultivo en el campo; sin embargo, se considera que los mayores daños son provocados durante el período de poscosecha, por hongos que se desarrollan en condiciones de almacenamiento.

■ Septoriosis

Entre las manchas foliares de la oca, la septoriosis es una de las más importantes. Bajo condiciones de fuerte humedad, causa defoliación y necrosis de tallos y pecíolos. La enfermedad es común en el departamento de Cajamarca en febrero y marzo, con una incidencia de 30-35%.

Síntomas

Los síntomas se han observado con mayor frecuencia en variedades de hojas glabras. La enfermedad es muy fácil de reconocer. Se inicia con una ligera descoloración de áreas más o menos circulares, las cuales toman un color verde menos intenso que lo normal. Posteriormente, el tejido afectado se vuelve gris pajizo, se delimita con un margen rojizo y presenta en la parte central una gran cantidad de puntitos negros que son los picnidios del agente causal (Figura 45). Las manchas individuales pueden alcanzar hasta 10 mm de diámetro, pero generalmente varias manchas confluyen, abarcando áreas más extensas, o las hojas se secan y quedan por algún tiempo adheridas al tallo.



Figura 45. Lesiones en pecíolos y limbo de oca causadas por *Septoria oxalidis*.

En los tallos y pecíolos las lesiones son alargadas, de más de 10 mm de largo pero angostas, igualmente con el centro gris pajizo y los bordes ligeramente levantados de color rojo vinoso y una gran cantidad de puntitos negros en el centro.

Agente causal

Septoria oxalidis Lind. es un hongo Deuteromycete que se caracteriza por sus picnidios globosos de color pardo negruzco, que se forman parcialmente inmersos en el tejido del hospedante, o en el medio de cultivo de laboratorio. Los picnidios miden entre 65 y 120 µm, están provistos de un ostíolo bien evidente y encierran una gran cantidad de conidias aciculares, hialinas, rectas o ligeramente curvadas con 2–3 septas transversales, que miden 25–45 µm de largo por 1.5–2.0 µm de grosor.

Epidemiología

No se conoce la forma en que el hongo se mantiene de una temporada de cultivo a la siguiente, pero posiblemente sea en los residuos de la cosecha. Otras especies de *Septoria* se mantienen en los residuos enterrados de la cosecha o en las semillas, pero en el caso de oca muy rara vez se usa la semilla botánica como medio de propagación.

La dispersión se realiza por el agua de lluvia o por el tránsito de animales o humanos. En años lluviosos la enfermedad puede causar una severa defoliación.

■ Royas

En oca se han encontrado hasta dos clases de royas producidas por hongos Uredinales que atacan las hojas, los pedúnculos y los tallos de las plantas en desarrollo. Estas son la roya amarilla y la roya morena. Si bien la incidencia no es muy alta, en casos severos pueden causar defoliación. El material usado para los estudios del patógeno procede del departamento de Cajamarca.

En el Perú no se ha encontrado roya más al sur; en cambio, se tienen referencias que en Ecuador es una enfermedad que causa fuertes daños.

Síntomas

Los síntomas son más o menos similares en ambas royas; se presentan pústulas pulverulentas en las hojas, los pecíolos y los tallos. Sin embargo, algunas características tipifican a cada una de ellas. Por ejemplo, la roya amarilla se inicia con la presencia de puntos muy pequeñitos de color blanco, los que pronto son reemplazados por pústulas redondeadas prominentes de 1–2 mm de diámetro, de color amarillo intenso, en la cara inferior de la hoja (Figura 46). Finalmente, la hoja se vuelve clorótica, al



Figura 46. Royas amarilla de la oca.

tiempo que es posible observar en las pústulas estructuras de color grisáceo. En casos extremos esta roya puede causar defoliación.

La roya morena origina pústulas de color marrón rojizo que forman grupos de 3 ó 4. Algunas variedades son muy sensibles y necrosan el tejido en el que se encuentran las pústulas (Figura 47). En otras variedades unas pocas pústulas hacen que la hoja se seque prematuramente.

Agente causal

La roya amarilla es causada por *Uromyces oxalidis* (Lev.) Diet. & Ellis. Tiene uredosporas hipófilas elipsoides de 21 por 26 mm en promedio, de pared gruesa finamente equinulada, provistas de dos poros laterales. No se han observado teliosoros definidos, pero se ha encontrado una que otra teliospora dentro de los uredosoros. Las uredosporas son unicelulares, de pared lisa, con una papila y un poro prominentes, de color canela marrón; miden 21 por 32 mm en promedio y tienen un pedicelo hialino de más o menos el largo de la espora (Figura 48).

La roya morena es causada por *Puccinia* sp. En la cara superior de las hojas se han observado solamente teliosporas de pared lisa, de color



Figura 47. Roya morena de la oca.



Figura 48. Uredospora unicelular pedicelada de la roya amarilla de la oca.

marrón oscuro, bicelulares, con una ligera constricción entre las dos células. Miden 15 –26 μm por 20–30 μm .

Epidemiología

La humedad favorece la germinación de las esporas en muchos hongos fitoparásitos. En el caso de las royas de la oca se ha observado un aumento progresivo de la enfermedad a medida que avanza la estación lluviosa. Las temperaturas durante este período varían entre 24°C, en las horas de más calor, y 5°C, en la madrugada. La dispersión del inóculo es favorecida por los fuertes vientos que preceden a las lluvias.

La enfermedad se incrementa considerablemente en poco tiempo.

■ Rizoctoniasis

Un sinnúmero de plantas cultivadas son susceptibles a esta enfermedad en todo el mundo; en algunos casos causa daños de consideración. En oca se han encontrado síntomas en raíces, tallos y tubérculos, con una incidencia menor al 1%.

Síntomas

El síntoma más típico de la enfermedad en otras especies vegetales es la presencia de lesiones hundidas a la altura del cuello, sobre todo en plántulas. En oca los síntomas son variados; se produce la muerte de las raicillas, escoriaciones y rajaduras en la superficie del tubérculo y sobre todo un crecimiento fungoso superficial en la base de las ramas y ramillas.

Las raicillas afectadas se ponen negras y se rompen con facilidad cuando se extrae la planta del suelo. Las raíces más gruesas también presentan lesiones de color oscuro, ligeramente hundidas.

En una misma planta es posible encontrar tubérculos sanos y enfermos. Los tubérculos afectados presentan un ligero engrosamiento del peridermo y un cambio de color en relación con el resto del tubérculo. También se producen rajaduras que luego se suberizan (Figura 49).



Figura 49. Rajaduras suberificadas en tubérculos asociadas con el daño producido por *Rhizoctonia solani*.

El síntoma más obvio se presenta en la parte baja de la planta, es decir, desde el nivel del suelo hacia arriba, donde se forma una capa blanquecina que no llega a comprometer el tejido (Figura 50). Incluso se puede extraer este crecimiento fungoso frotándolo con la yema de los dedos sin que el tejido adyacente presente signos de lesión o daño evidente.

Es raro encontrar esclerocios en forma de una película de color marrón oscuro, adherida a la superficie del tubérculo.

Agente causal

En esta enfermedad se pueden observar las dos fases del patógeno: la fase asexual o vegetativa de *Rhizoctonia solani* Kühn y la fase sexual de *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk. La fase asexual causa daños en raíces y tubérculos y la fase sexual se presenta en los tallos, a la altura del cuello, y no tiene efecto patogénico.

En cuanto a *R. solani*, cabe mencionar la existencia de cuatro grupos de anastomosis (AG). Posiblemente en oca se trate de AG-3, que está

presente en la sierra del Perú y que ha sido identificado en papa.



Figura 50. Capa blanquecina de *Thanatephorus cucumeris* que recubre la base de tallos de oca.

En medio de cultivo de laboratorio el hongo forma colonias de color blanco al comienzo y luego toma una coloración canela; es que el micelio joven es blanquecino y granuloso, pero a medida que la colonia envejece, las hifas se engruesan, se oscurecen y se ramifican de distinta manera.

El micelio inicial está formado por hifas delgadas que se ramifican en ángulo agudo y tienen constricciones a la altura de la septa. En cambio, el micelio viejo tiene

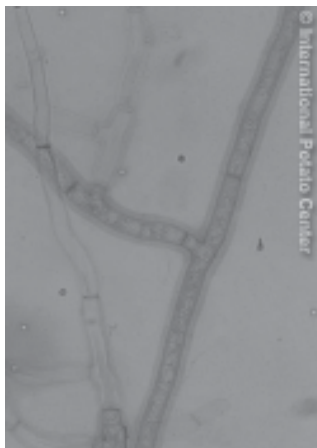


Figura 51. Micelio típico de *Rhizoctonia solani* aislado de tubérculos de oca.



Figura 52. Basidias de *Thanatephorus cucumeris* extraídas de tallos afectados de oca.

hifas más gruesas, de 8–10 mm de diámetro, de color canela, y se ramifica en ángulo recto (Figura 51).

En el estado de *T. cucumeris*, el micelio que se forma en la superficie del hospedante está constituido por hifas gruesas, hialinas y entremezcladas, que forman un pseudot tejido ralo, a través del cual emergen las basidias y las basiosporas (Figura 52). Es raro encontrar esclerocios.

Epidemiología

Rhizoctonia solani se mantiene en el suelo en forma de esclerocio o como saprófito en material vegetal de desecho. Los suelos mal drenados, que retienen la humedad, y las temperaturas entre 18 y 20°C favorecen el desarrollo de la enfermedad.

■ Pudrición por *Phytophthora*

Esta es una de las enfermedades de la oca que causa la destrucción completa de la planta (Figura 53). Reduce el rendimiento considerablemente. Se presenta en cualquier estado de desarrollo del cultivo en campos de terreno arcilloso. Se ha encontrado en los departamentos de Cajamarca y Cusco, con una incidencia de hasta 2%.

Síntomas

La primera manifestación de la enfermedad en plantas jóvenes es la muerte de los brotes. En plantas adultas las hojas inferiores se vuelven amarillas y mueren. El amarillamiento comienza en los espacios intervenales o en los bordes, como consecuencia de la pudrición de las raíces laterales y raicillas o de la base del tallo a la altura del cuello, cerca de la línea del suelo.

Las raíces y raicillas se pudren y se vuelven oscuras y quebradizas. En el cuello de la planta el tejido se descolora, se torna plumizo, adquiere una apariencia acuosa y finalmente se torna negro.



Figura 53. Planta muerta por ataque de *Phytophthora* sp. al lado de una sana.

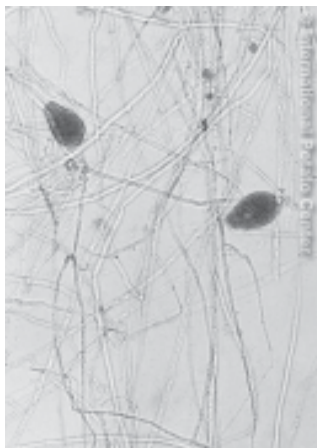


Figura 54. Esporangios de *Phytophthora* sp. aislados de raíces de oca.

En infecciones tardías los tubérculos muestran pudrición que se inicia en el extremo unido al estolón, aunque también se encuentran lesiones hundidas, generalmente circulares. Lo más común y característico es que el tejido comprometido se oscurece.

Agente causal

Phytophthora sp. es el agente causal del síntoma que se ha descrito. El hongo tiene un micelio cenocítico e hialino, con hifas gruesas de hasta 10 μ m de diámetro. Los esporangióforos son simples; los esporangios obpiriformes, típicamente terminales, no papilados (Figura 54), de tamaño variado entre 40 y 70 por 50 μ m.

Epidemiología

El hongo puede permanecer activo en los residuos de cosecha en el suelo y sobrevivir de una campaña a otra en ausencia del hospedante. La enfermedad es más seria en suelos compactos arcillosos que reciben fuertes lluvias.

■ Viruela

Esta enfermedad es importante porque desmejora la calidad comercial de todos los tubérculos de una planta afectada, los cuales presentan síntomas en mayor o menor intensidad. La enfermedad es conocida como viruela en las poblaciones andinas por los síntomas peculiares que presentan los tubérculos afectados.

En la planta la enfermedad no reviste mayor importancia porque ataca casi al final del período de cultivo; en cambio, los tubérculos afectados se deshidratan con mucha rapidez cuando están almacenados. En este último caso los daños pueden ser de consideración.

La incidencia en el departamento de Junín en 1994 fue del 40%, con la aclaración de que en invierno las lluvias fueron excepcionalmente fuertes y prolongadas.

Síntomas

Los síntomas se reconocen fácilmente en la base de los tallos y en los órganos subterráneos. La base del tallo afectado muestra lesiones alargadas y hundidas de color negro (Figura 55) que pueden alcanzar varios centímetros de longitud. Al centro de estas lesiones se observan a simple vista los picnidios del agente causal, en forma de puntitos negros. Los síntomas en la raíz principal son similares a los de la base del tallo. En los tubérculos se presentan inicialmente lesiones rojizas pequeñas que



Figura 55. Base de tallo con lesión causada por *Phoma oxalidicola*.

luego alcanzan 2–5 mm de diámetro, con la superficie suberizada; en el centro de estas manchas se producen resquebrajaduras y también se forman picnidios (Figura 56). Las lesiones de los tubérculos generalmente coalescen y abarcan extensiones grandes de la superficie. Los tubérculos atacados se arrugan y se secan en un tiempo mucho más corto que los tubérculos sanos.

Los síntomas se presentan en plantas que se encuentran en estado avanzado de tuberización y en plantas cercanas a la madurez.

Agente causal

Phoma oxalidicola Speg. es un hongo Deuteromycete cuyo hábitat es el suelo.

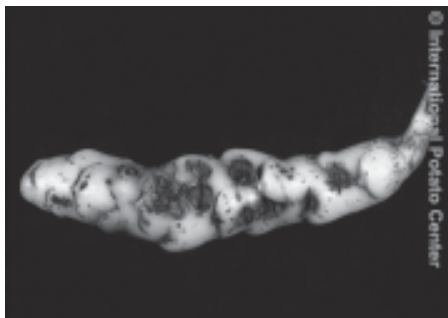


Figura 56. Manchas redondeadas con resquebrajaduras causadas por *Phoma oxalidicola* en tubérculos de oca.

Forma picnidios que sobresalen del tejido afectado. Los picnidios son individuales y solitarios, de color oscuro, de forma redondeada y consistencia dura; miden 145–330 μm de diámetro, con un promedio de 230 μm . Tienen un ostíolo bien evidente y redondo, por donde salen las conidias formando un típico cirro (Figura 57). Las conidias son hialinas, unicelulares, elipsoides y bigutuladas, de 2.5–3.5 por 1.5–2.0 μm .

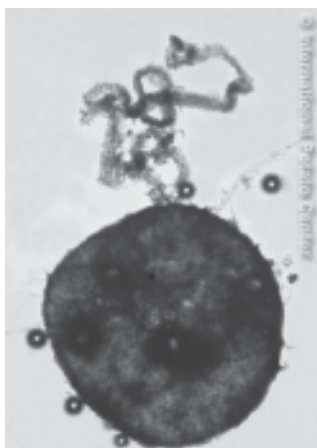


Figura 57. Picnidio de *Phoma oxalidicola*.

Posiblemente más de una especie de *Phoma* ataque a la oca porque también se han encontrado manchas foliares y lesiones en los tubérculos, con picnidios diferentes de los descritos en esta sección.

El hongo crece bien en cultivo de laboratorio, forma un micelio grisáceo y picnidios que dejan en libertad las conidias que forman los cirros característicos.

Epidemiología

El hongo es un habitante del suelo que vive como saprófito la mayor parte del año e invade plantas adultas. No se han encontrado plantas con síntomas antes del inicio de la tuberización.

No hay datos sobre los requerimientos del patógeno para causar enfermedad; sin embargo, la humedad del suelo parece tener influencia, porque la evidencia indica que se presenta con mayor intensidad en años más lluviosos.

La transmisión de una campaña a otra se realiza por el patógeno que se encuentra en el suelo, o por los tubérculos infectados que se usan como semilla. Igualmente, cuando se dejan los tubérculos enterrados en el mismo campo para que sirvan como semilla en una próxima campaña, los daños son mayores.

■ Lanosa

Al igual que en ulluco, también se ha encontrado lanosa en oca, restringida a la zona de Chaclla en el departamento de Huánuco. La enfermedad también afecta la papa y tiene características similares a las de oca y ulluco. Es una enfermedad importante en la zona.

Síntomas

Los síntomas en oca son similares a los descritos para ulluco (ver página 46). La presencia de cordones rizomórficos, entremezclados con la tierra circundante, las lesiones de color negro en todo el sistema subterráneo y la presencia de lesiones hundidas negras, recubiertas de costras negras en el tubérculo (Figura 58), son las características más destacadas de la enfermedad.

Agente causal

Así como en ulluco y papa, el agente causal de la lanosa en oca es *Dematophora* sp., hongo imperfecto que corresponde a la fase anamórfica de *Rosellinia* sp. (ver página 46).



Figura 58. Tubérculo de oca afectado por lanosa.

Epidemiología

La enfermedad sólo se ha encontrado hasta ahora en una zona muy restringida, donde las lluvias son excesivas. Parece que esta circunstancia, unida a otras condiciones ambientales especiales como la composición y pH del suelo, puede ser la causa de la presencia de esta enfermedad.

■ Carbón

Sólo se han encontrado síntomas de esta enfermedad en los tubérculos; sin embargo, no se descarta el ataque a tallos y brotes en los inicios del cultivo. La descripción de la enfermedad se ha hecho con base en el material recolectado en el departamento de Cajamarca, aunque es común en la zona del altiplano, especialmente en el departamento de Puno. El carbón también se ha encontrado en Matucana, provincia del departamento de Lima.

Síntomas

La enfermedad sólo se ha observado atacando órganos subterráneos como tubérculos y estolones. En los tubérculos se presentan inicialmente pequeñas protuberancias translúcidas a manera de ampollas, a través de las cuales se observa tejido oscurecido (Figura 59). La parte externa de la ampolla está constituida por la epidermis intacta del tubérculo que adquiere un tinte azul negruzco. A medida que el tubérculo crece, se forman unos hinchamientos característicos que se agrandan y a la madurez rompen la epidermis, dejando expuesta una pústula pulverulenta



Figura 59. Tubérculos de oca con síntomas de carbón.

de color marrón oscuro, casi negro. Las pústulas son más o menos superficiales. No penetran muy profundamente en la pulpa, pero facilitan el ingreso de hongos y bacterias causantes de pudriciones que deterioran los tubérculos en la etapa de poscosecha. Además, se producen resquebrajaduras y pérdida de líquido, y el tubérculo se arruga y se seca en poco tiempo.

En los estolones inicialmente se presentan ligeras hipertrofias, que posteriormente abarcan porciones grandes que se revientan, formando grietas longitudinales, de las cuales se escapa también la masa pulverulenta a manera de hollín.

Agente causal

De las pústulas carbonosas encontradas en tubérculos de oca, se han extraído clamidosporas de *Urocystis oxalidis* Pazschke, hongo Basidiomycete, Ustilaginales, que se caracteriza precisamente porque forma pústulas pulverulentas de color marrón oscuro a negro.

En las pústulas y en forma compacta se encuentran estructuras formadas por una cubierta de células hialinas que encierran un grupo de 4–5 clamidosporas de color marrón oliváceo, redondas a ovoides y fuertemente soldadas, de 4–5 µm de diámetro (Figura 60).

En realidad las clamidosporas son esporas de descanso de los carbones y técnicamente vienen a ser las teliosporas.

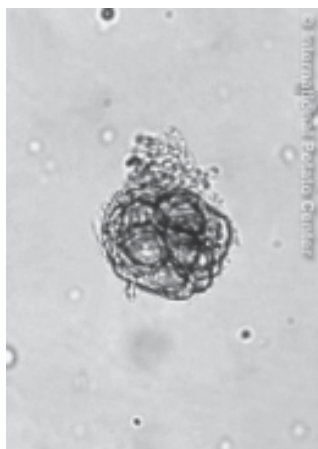


Figura 60. Teliosporas de *Urocystis oxalidis*, causante del carbón de la oca.

Epidemiología

La enfermedad se transmite de una campaña a otra por los tubérculos que se usan como semilla, pero también por el suelo infestado. Las clamidosporas pueden mantenerse en estado latente por muchos años en suelo seco y germinan sólo cuando hay presencia de agua, por ejemplo, después de una lluvia; tampoco requieren un período de latencia prolongado para germinar.

La temperatura no tiene mucha influencia en la germinación y afecta más a la rapidez que al porcentaje de germinación. La incidencia es de alrededor del 2%.

■ Pudrición Blanda

Uno de los mayores problemas que se presentan frecuentemente en el producto cosechado son las pudriciones blandas causadas por especies de *Mucor* y *Rhizopus*. Los tubérculos afectados se desintegran y se convierten en una masa blanda no apta para el consumo. Los daños pueden llegar hasta el 100%. Generalmente las lesiones recibidas durante la cosecha constituyen la puerta de entrada para los patógenos de la pudrición blanda.

Síntomas

Los daños sólo se presentan después de la cosecha y consisten en la destrucción parcial o total de los tubérculos. El deterioro avanza a partir del extremo del tubérculo que se une al estolón o de las lesiones producidas por la manipulación durante la cosecha. Otro factor que predispone los tubérculos a las pudriciones blandas son las heladas. Inicialmente, el tejido afectado por heladas tiene una apariencia vidriosa y en tubérculos de piel coloreada se produce la despigmentación (Figura 61). Posteriormente, los tubérculos enfermos se recubren de un



Figura 61. Pudrición blanda de la oca causada por *Rhizopus* spp.

sobrecrecimiento micelial flooso, de color blanco sucio, que emerge debajo de la epidermis y de los ojos, formando mechones de micelio, esporangióforos y esporangios como cabecitas de alfiler (Figura 62). El olor que despiden los tubérculos afectados es característico, algo así como chicha en fermentación que atrae a los insectos. Finalmente, el tubérculo se convierte en una masa de tejido blando que se hunde y se desintegra a la presión.

Agente causal

Varias especies de hongos Mucorales son los causantes de pudrición blanda de los tubérculos de oca. Entre ellos los más comunes son *Rhizopus stolonifer* (Ehr. ex Fries) Lins., *R. microsporus* V. Tiegh y *Mucor pyriformis* Fisher.

El género *Rhizopus* se caracteriza por sus hifas gruesas rugosas, de 10–20 mm de diámetro, cenocíticas e inicialmente hialinas, pero que luego toman un color marrón oscuro. A partir de las hifas se forman esporangióforos de más de 1 mm de largo, gruesos y oscuros, en cuyo ápice sostienen un esporangio globoso que contiene infinidad de esporas

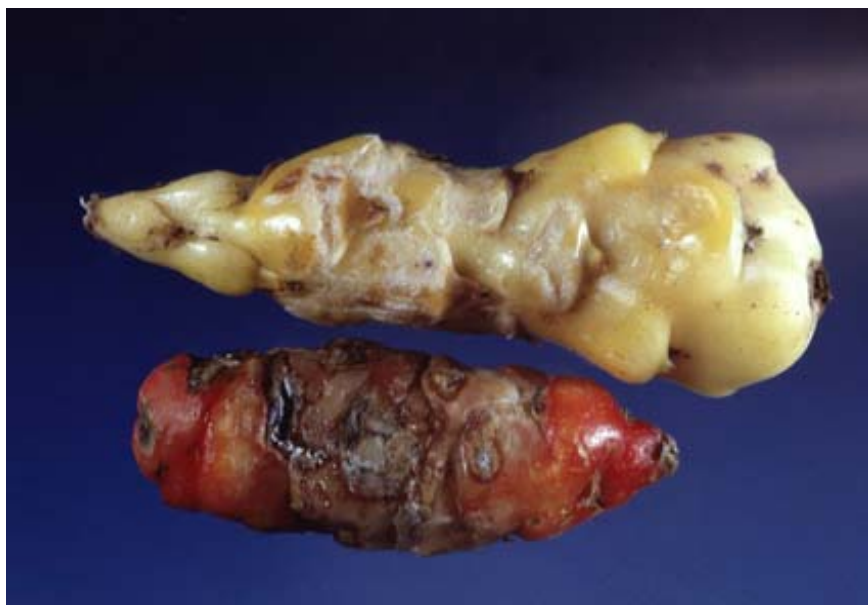


Figura 62. Pudrición blanda de la oca causada por *Mucor pyriformis*.



Figura 63. Esporangióforo y esporangio de *Mucor pyriformis*.

redondeadas u ovals, estriadas, de color marrón negruzco, de 10–20 de largo por 7.5–8.0 mm de diámetro y una columela prominente. En la parte opuesta al esporangio, el esporangióforo forma rizoides que le sirven para adherirse al sustrato (una descripción detallada de estas especies se hace en la sección ulluco, página 42).

El género *Mucor* es muy semejante al anterior. Tiene esporangióforos largos (Figura 63) y esporangios globosos igualmente con gran cantidad de esporas. Lo que diferencia a estos dos géneros es que *Mucor* no tiene rizoides; esta característica es la más útil para fines de diagnóstico.

Epidemiología

Rhizopus spp. y *Mucor* spp. son hongos cuyas esporas se encuentran suspendidas en el ambiente al aire libre o en recintos cerrados. Las esporas son fácilmente transportadas por el movimiento del aire por muy leve que éste sea. Ambos géneros son contaminantes del ambiente por excelencia. Cualquier sustrato puede ser usado, basta que contenga humedad y cierta proporción de azúcar o de almidón para ser colonizado. La temperatura, si bien ayuda en el desarrollo de los hongos, en este caso no tiene mucha relevancia, porque ambas especies soportan temperaturas extremas, aunque las especies del género *Mucor* pueden soportar temperaturas más frías (5°C).

Para que el hongo penetre en el tejido de los tubérculos, es necesario la presencia de heridas o golpes que hayan desorganizado, aunque sea levemente, el tejido. En los ambientes de almacenamiento, la temperatura, la deficiencia de luz y el sustrato apropiado hacen que el producto cosechado se deteriore, si no se ha tenido cuidado durante la cosecha. Otra de las formas en que los tubérculos se contaminan es cuando insectos adultos o sus larvas hacen heridas para alimentarse. Las larvas de lepidópteros son las que con mayor frecuencia hacen heridas en los tubérculos, por las cuales ingresan con facilidad los hongos Mucorales.

Los daños producidos por las heladas ablandan el tejido, facilitando así el ingreso del patógeno cuando todavía el producto se encuentra en el campo después de la cosecha. *Mucor* spp. y *Rhizopus* spp. son considerados parásitos débiles, pero pueden causar daños enormes

cuando encuentran las condiciones apropiadas. Son cosmopolitas y causan pudrición en muchos otros cultivos, especialmente en frutales.

Está comprobado que estos hongos producen enzimas pectolíticas y celulolíticas que maceran la lámina media en los tejidos y la pared celular, lo cual produce una pérdida de permeabilidad.

■ Pudrición Gris

Al igual que en ulluco, la pudrición gris de la oca es una enfermedad que se presenta cuando las condiciones climáticas son apropiadas, especialmente cuando hay lluvias y neblinas en las primeras horas del día. La enfermedad puede comprometer hasta un 10% del follaje. No se conoce su incidencia sobre el rendimiento. El hongo causante de la enfermedad ataca a un sinnúmero de especies vegetales en todo el mundo. La enfermedad se ha encontrado en enero y febrero en distintos lugares de la cordillera.

Síntomas

Los síntomas se observan sólo en las partes tiernas y suculentas de la planta, como son los brotes, los botones florales y las yemas. El tejido comprometido cambia primero de color a un verde grisáceo de aspecto húmedo para luego mostrar una franca pudrición, donde las partes afectadas colapsan y quedan colgando de la planta por un tiempo hasta que se secan y se desprenden. Cuando persisten las condiciones de humedad, toda la parte afectada se cubre de un sobrecrecimiento fungoso de color ceniciento, constituido por las fructificaciones del agente causal.

Agente causal y epidemiología

La pudrición gris es causada por *Botrytis cinerea* Pers. ex Fries. La identidad de este patógeno ya ha sido descrita entre las enfermedades del ulluco (ver página 28). Asimismo, se ha hecho una descripción de las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo del hongo y la generalización de la enfermedad durante el período de cultivo.

■ Pudrición del Tubérculo por *Fusarium*

Se han identificado especies de *Fusarium* que causan daños al tubérculo después de cosechado. El tubérculo es íntegramente destruido en algunos casos y en otros se momifica, pero de todas maneras pierde su calidad comercial. Los daños causados por *Fusarium oxysporum* y *F. roseum* llegan hasta un 4% del producto almacenado. Pudriciones causadas por *Fusarium* se han encontrado en muestras que provienen de los departamentos de Cajamarca, Junín (Tarma y Huancayo) y Cusco (Olones).

Síntomas

En el campo se han observado algunas plantas con síntomas de amarillamiento y marchitez (Figura 64) que además presentan descoloración de los haces vasculares. Sin embargo, los mayores daños se han observado después de que el tubérculo ha permanecido almacenado por dos meses. La pudrición puede iniciarse en el extremo del tubérculo que se une al estolón, o en cualquier parte, especialmente si el tubérculo ha sido lesionado.



Figura 64. Planta de oca con amarillamiento causado por *Fusarium oxysporum*.

Ciertas características diferencian la pudrición causada por los dos patógenos. En el caso de *F. oxysporum*, la pudrición del tubérculo consiste inicialmente en zonas hundidas de color marrón oscuro, generalmente recubiertas de un sobrecrecimiento miceliano muy tenue de color blanco. A medida que pasa el tiempo, se va consumiendo el tubérculo y al final queda simplemente un resto momificado marrón oscuro a negro con consistencia de madera (Figura 65).

Cuando se trata de *F. roseum*, la parte lesionada se recubre inicialmente de un sobrecrecimiento fungoso de color blanco que luego, debido a la esporulación, se torna rosado a salmón y presenta anillos concéntricos (Figura 66). El tipo de pudrición es similar al causado por *F. oxysporum*, aunque se encuentra con menos frecuencia. Generalmente se inicia en la parte que ha estado unida al estolón.

Agente causal

Tomando en cuenta las características morfológicas de los hongos aislados de tubérculos de oca, se ha llegado a la conclusión de que la pudrición es causada por dos especies de *Fusarium*: *F. oxysporum* Schl.



Figura 65. Pudrición ocasionada por *Fusarium oxysporum*.



Figura 66. Pudrición rosada del tubérculo causada por *Fusarium roseum*.

Snyd. & Hansen y *F. roseum* (Link) emend Snyd. & Hansen. En repetidas oportunidades se han aislado ambas especies de una misma lesión. Sin embargo, *F. oxysporum* se ha aislado también del sistema vascular del tallo de plantas con síntomas de marchitez.

Las características morfológicas son bastante similares en muchas especies de *Fusarium*, aun en las puramente saprofitas. Lo representativo del género es la presencia de macroconidias, microconidias y clamidosporas y la producción de pigmentos de diferentes colores. Por ejemplo, *F. oxysporum* (ver descripción en la página 45) produce pigmento violeta en PDA.

Fusarium roseum no produce microconidias, sólo macroconidias con una célula basal prominente en forma de bota y una célula apical alargada; las macroconidias tienen una ligera curvatura dorso-ventral. En medio de cultivo PDA el hongo produce pigmento rojo oscuro a vinoso.

Epidemiología

Las especies patógenas de *Fusarium* son generalmente parásitas de heridas. Penetran cuando se ha producido una lesión, de origen mecánico

o debida a la picadura de insectos y nematodos en el campo. Una vez que han ingresado, colonizan el sustrato y producen infinidad de estructuras propagativas, que en muchos casos son transportadas por los insectos que se movilizan en el almacén, por ejemplo, el gorgojo de la oca.

La temperatura, la humedad y la luz, prácticamente constantes en las rumbas de almacén, facilitan el desarrollo de *Fusarium* y la colonización de los tubérculos.

■ Pudriciones Secundarias

A menudo los tubérculos almacenados por algún tiempo presentan parches o zonas restringidas donde se observa la presencia de hongos conocidos como mohos. Generalmente estos organismos invaden el tejido que ha sido deteriorado por otros agentes. Su presencia no es significativa, pero en condiciones de alta humedad pueden comprometer áreas grandes de tejido y dar al producto una apariencia desagradable y un olor picante, que le hacen perder su calidad comercial.

Síntomas

El síntoma más típico son las áreas hundidas recubiertas de un sobrecrecimiento fungoso aterciopelado de color verdoso, gris o gris azulado, según el organismo involucrado. Las lesiones producidas son generalmente superficiales, ligeramente hundidas, circulares y limitadas a un área restringida (Figura 67). Los tubérculos atacados despiden un olor característico, reconocible a distancia.



Figura 67. Pudriciones secundarias en tubérculos almacenados.

El tejido por debajo de la lesión presenta un ligero cambio de color y la pulpa adyacente se ablanda y se humedece, perdiendo la consistencia firme del tejido sano.



Figura 68. *Penicillium oxalicum* causando pudrición secundaria del producto almacenado.



Figura 69. *Penicillium* sp. causando pudrición secundaria de oca almacenada.

Agente causal

Varias especies de *Penicillium* causan este tipo de pudrición. Sin embargo, la especie más constante es *Penicillium oxalicum* Currie & Thom. que tiene un micelio hialino, donde se forman conidióforos con ramas biverticiladas que terminan en un conjunto de fiálides y cadenas largas de conidias. El conjunto de fiálides forma una estructura con apariencia de escobita. Las conidias son ovaladas, pulverulentas y de color verdoso. En medio de cultivo de laboratorio el hongo forma colonias redondas restringidas, de borde blanquecino y centro pulverulento de color verde oscuro.

Además de *P. oxalicum* (Figura 68), se han encontrado otras especies de *Penicillium* (Figura 69) y *Cladosporium* que también producen pudriciones secundarias. La mayoría de estos microorganismos son oportunistas que invaden tejido que ya ha sido deteriorado por otros organismos o que ha sufrido lesiones previas.

Epidemiología

Los hongos causantes de las pudriciones secundarias son generalmente saprófitos que sobreviven en desechos vegetales en el suelo. Se diseminan con facilidad porque el movimiento de aire desplaza las esporas. Las esporas germinan en una escala muy amplia de temperatura y humedad, pero la humedad alta favorece el desarrollo del micelio y la colonización del sustrato.

■ Pudrición Negra del Tubérculo

Esta enfermedad, aunque probablemente adquirida en el campo durante la cosecha, sólo se manifiesta en forma evidente en tubérculos almacenados. Es una de las enfermedades más importantes de poscosecha, porque destruye íntegramente el tubérculo en poco tiempo. La enfermedad se ha encontrado en muestras que provienen de los departamentos de Junín y Pasco.

Síntomas

Los tubérculos recién cosechados presentan lesiones muy pequeñas, como pecas, de 1 mm de diámetro, que a veces pasan inadvertidas, o un ligero oscurecimiento de la parte que ha sido separada de la planta madre. Estos tubérculos, después de permanecer almacenados durante unos días, muestran lesiones hundidas, semiblandas y de color chocolate, o una lesión deprimida que avanza a partir del extremo del estolón. Cualquiera que sea la vía de infección, si el tubérculo permanece en el almacén el tiempo suficiente, se endurece, se momifica y se arruga, tomando finalmente una coloración marrón, casi negra (Figura 70). En la superficie



Figura 70. Tubérculo de oca afectado con *Lasiodiplodia theobromae* junto a uno sano.

del tejido afectado se observan a menudo conrescencias de color negro brillante que irrumpen a través del peridermo. Se trata de picnidios estromáticos que generalmente llevan sus conidias agrupadas en forma de globos transparentes en la parte superior del ostíolo. En estados avanzados de pudrición, el tubérculo se recubre de un polvillo negro constituido por las conidias maduras del agente causal. Cuando se cortan los tubérculos afectados, se observa el tejido ennegrecido, semihúmedo, de consistencia dura, del mismo que emana un olor acre característico.

Agente causal

Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griff. & Maubl. (syn = *Botryodiplodia theobromae* Pat.) es un hongo del Orden Sphaeropsidales que se caracteriza por producir sus estructuras propagativas (conidias) en un picnidio de color marrón oscuro brillante a negro. El picnidio es estromático, setoso, con uno o más lóbulos, y mide entre 0.5 y 1.0 mm. Los conidióforos son cortos y emergen de la capa interna de células del picnidio. Las conidias son ovales; las más jóvenes e inmaduras son hialinas, unicelulares y granuladas, mientras que las conidias maduras son bicelulares, de color marrón oscuro con franjas longitudinales simétricas (Figura 71); miden entre 20 y 30 mm de largo por 10–15 mm de ancho.

En el laboratorio el hongo desarrolla con facilidad en PDA. Forma inicialmente colonias algodonosas de color blanquecino que luego se vuelven gris claro, para finalmente tomar un color gris muy oscuro, con la base de la placa completamente negra. Entremezclados en el micelio y semisumergidos en el medio de cultivo, los picnidios se forman en un estroma multilocular.

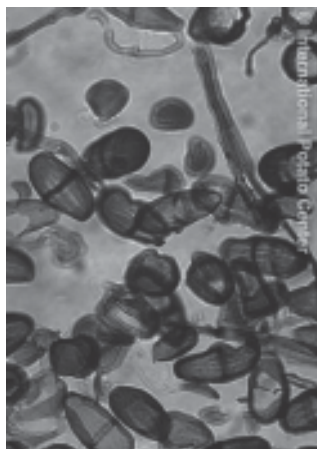


Figura 71. Conidias maduras de *Lasiodiplodia theobromae*.

Epidemiología

Muchas son las especies vegetales susceptibles a *Lasiodiplodia theobromae*, por lo que se presume que el hongo debe estar presente por doquier, incluyendo el suelo, donde probablemente vive en su estado saprofítico. En el campo la enfermedad pasa desapercibida y no se han encontrado daños en plantas en crecimiento o en tubérculos al momento de la cosecha. Las lesiones causadas durante la cosecha son las

principales vías de acceso del patógeno al tubérculo, aunque la principal puerta de entrada es la lesión que se hace al separar el tubérculo del estolón. Por eso se considera la cosecha como el momento en que se produce la infección primaria. Las infecciones secundarias se producen en el almacén por medio de los insectos y roedores que se desplazan en los montones de almacenaje y que llevan consigo las conidias del hongo. La alta humedad relativa y las temperaturas moderadas favorecen el desarrollo de la enfermedad.



Mashua

(*Tropaeolum tuberosum* Ruiz et Pavón) Tropaeolacea

La mashua es otro cultivo muy arraigado en la zona andina que abarca desde Colombia al norte hasta Chile al sur, incluyendo el norte de Argentina, Bolivia, Ecuador y Perú. Este cultivo rústico tolera temperaturas bajas y crece entre los 3000 y 3900 m de altitud en suelos pobres y erosionados por las fuertes lluvias de la cordillera. Sus propiedades alimenticias ubican a la mashua en una posición importante porque contiene hasta un 16% de proteína por peso fresco, según la variedad. También se menciona que tiene propiedades medicinales.

La planta de mashua es una herbácea anual que tiene el follaje frondoso de hojas lobuladas y flores vistosas de color encarnado. Los tubérculos son de sabor dulce y consistencia harinosa; tienen la forma alargada, casi cilíndrica o cónica, y la parte más delgada corresponde a su unión con el estolón. Son de colores variados de blanco a morado, incluyendo amarillo y rojo, pero lo más destacado es su tendencia al jaspeado.

En la literatura se menciona que la mashua es resistente a las plagas y enfermedades porque contiene sustancias fungistáticas y repelentes de insectos y nematodos. Sin embargo, se han identificado algunas enfermedades fungosas que producen daños considerables, especialmente aquéllas que atacan al tubérculo cosechado.

■ Mancha Foliar por *Acroconidiella*

Esta mancha es muy común en hojas de mashua que están en proceso de maduración. La enfermedad se encuentra generalizada dondequiera que se siembre mashua, sobre todo hacia el final del período de cultivo cuando es posible encontrar la mayor incidencia y el 100% de las plantas presentan por lo menos una mancha.

Síntomas

Las hojas afectadas presentan inicialmente pequeñas estrías rojizas que luego se transforman en manchas redondas o angulares y alcanzan un diámetro de hasta 25 mm. Las manchas son bien evidentes porque tienen el centro de un color pajizo y el borde marrón rojizo (Figura 72). También se ha encontrado al hongo causando lesiones ligeramente hundidas en el tallo que, al igual que en las hojas, tienen el centro pajizo y los bordes de color marrón rojizo. En algunos casos, sobre todo cuando hay exceso de humedad en el ambiente, se observa un crecimiento fungoso y gran cantidad de conidias en la cara inferior de la hoja. En ciertos clones de



Figura 72. Hoja de mashua con manchas de centro pajizo y borde marrón rojizo.

mashua se forma un halo amarillento alrededor de la mancha y la hoja llega a desprenderse.

Agente causal

La enfermedad es causada por el hongo Deuteromycete *Acroconidiella tropaeoli* (Bond) Lindquist & Alippi (syn = *Heterosporium tropaeoli* Bond) que se caracteriza por sus conidióforos largos, tabicados sucesivamente y geniculados. Las conidias son de color verde oliva, de pared gruesa finamente equinulada. Tienen entre 2 y 4 células, más comúnmente 3. Son de forma cilíndrica con una ligera constricción en la septa más cercana a la base de la conidia. La célula terminal es más voluminosa y redondeada, y tiene una cicatriz conspicua por donde ha estado unida al conidióforo (Figura 73). El tamaño de la conidia varía de acuerdo con el número de células que contiene, desde 17–35 por 10–21 µm en las bicelulares hasta 29–52 por 12–21 µm en las que tienen más de 2 células.

En el laboratorio, en medio de cultivo, el hongo forma colonias de color gris oscuro con un pigmento rojizo en la base.

Epidemiología

El agente causal ataca también a otras tropaeoláceas silvestres y cultivadas, en los climas más variados, desde la zona tropical hasta los climas tórridos, lo cual demuestra su gran adaptabilidad a diversas temperaturas. Lo que sí requiere es humedad para esporular. Así, es posible observar al hongo esporulando en la planta después de una lluvia o bajo neblina persistente.



Figura 73. Conidias de *Acroconidiella tropaeoli*, causante de la mancha foliar en mashua.

La enfermedad se presenta cuando la planta está en proceso de maduración con una incidencia generalizada en el campo. Es posible encontrar manchas en las hojas de todas las plantas, pero no en todas las hojas de una planta.

Se cree que la enfermedad se conserva de una campaña a otra en el suelo, en los residuos de follaje. La diseminación es por el viento.

■ Moho Blanco

Esta enfermedad ataca a un sinnúmero de plantas cultivadas, en las cuales produce síntomas más o menos similares. El agente causal posee un poderoso sistema enzimático capaz de degradar compuestos complejos con suma facilidad; por esta razón las plantas atacadas pueden sucumbir en poco tiempo.

Esta enfermedad no ataca en forma generalizada sino más bien se encuentra distribuida por focos en el campo. Si se manifiesta a media estación, las consecuencias pueden ser graves porque el cultivo permanece en el campo por más de siete meses.

Síntomas

El primer síntoma visible de la enfermedad es la marchitez violenta de la planta o parte de ella, según el lugar donde se produjo la infección. Esta se inicia en forma de pequeñas manchas cloróticas que luego se agrandan y se transforman en lesiones grisáceas de apariencia húmeda, que se recubren de micelio algodonoso y de unas estructuras duras de color

negro, signos inequívocos de la enfermedad.

Cuando la infección se produce a partir de inóculo presente en el suelo, el síntoma se manifiesta como lesiones en el cuello de la planta. Las lesiones en este caso son también de color grisáceo y apariencia húmeda, recubiertas de una mata de micelio blanco (Figura 74) y esclerocios negros, generalmente irregulares en forma y tamaño.

Cuando se parte longitudinalmente el tallo de una planta afectada, se observa en su interior el micelio y una gran cantidad de esclerocios, alineados a lo largo del cilindro central.



Figura 74. Lesiones hundidas en la base del tallo causadas por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Las plantas afectadas mueren indefectiblemente. Los tubérculos son afectados también con inóculo que proviene del suelo. Las infecciones iniciales en éstos son pequeñas manchas hundidas de apariencia húmeda; posteriormente, se recubren de micelio algodonoso, se forman los esclerocios y el tejido se consume progresivamente, formando cavidades en las que se encuentran los esclerocios (Figura 75).

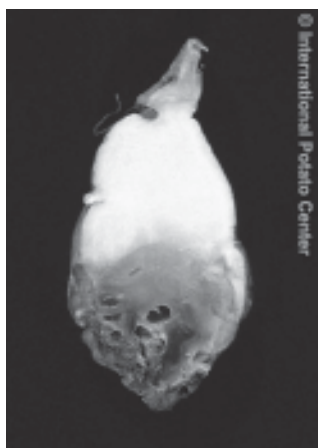


Figura 75. Corte transversal de un tubérculo de mashua afectado de moho blanco.

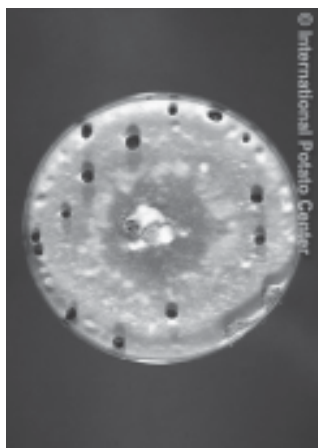


Figura 76. Micelio blanco y algodonoso y esclerocios en cultivo de *Sclerotinia sclerotiorum* aislados de mashua.

Agente causal

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary (syn = *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf. & Dumont) es un hongo Ascomycete que forma un micelio algodonoso de color blanco y unos esclerocios alargados a amorfos, duros, de color negro y de tamaño variable; que pueden alcanzar más de 10 mm de largo por 2–3 mm de diámetro.

Los esclerocios son estructuras de conservación, pero cuando encuentran suficiente humedad y sustrato disponibles germinan, produciendo micelio. En condiciones de falta de nutrientes los esclerocios germinan y forman apotecios, cuya copa puede alcanzar hasta 10 mm de diámetro y el pedicelo 10–20 mm de longitud. Los apotecios contienen ascas y paráfisis, dispuestas en palizada. Las ascas son alargadas, en forma de clava, de 80–250 por 4–23 mm, y contienen 8 ascosporas hialinas, unicelulares, ovoides, de 7–10 por 4–5 mm. Las paráfisis son filiformes y son más o menos del tamaño de las ascas.

En el laboratorio el hongo crece bien en PDA; forma un micelio algodonoso y blanco a partir del cual se forman los esclerocios (Figura 76). Los apotecios (Figura 77) se forman con facilidad cuando se ha consumido el sustrato y hay suficiente humedad.



Figura 77. Apotecios de *Sclerotinia sclerotiorum* procedentes de un aislamiento de mashua.

Epidemiología

El hongo *S. sclerotiorum* ataca a un sinnúmero de plantas cultivadas. Las plantas se infectan por medio de ascosporas disparadas desde el apotecio, o por el micelio que se forma a partir de los esclerocios. Los factores que favorecen el desarrollo de la enfermedad son la humedad suficiente y las temperaturas frías. Cuando hay suficiente humedad en el suelo, el hongo puede desarrollar un micelio, siempre que tenga a su disposición una fuente de materia orgánica, y luego invadir los tallos de las plantas cercanas. Cuando hay agua libre proveniente de lluvia o de irrigación, los apotecios dejan en libertad las ascosporas infectivas. El hongo se conserva en el suelo en su estado latente de esclerocio o como saprófito en forma de micelio sobre materia orgánica.

■ Marchitez por *Phytophthora*

Esta enfermedad puede tener características graves en años demasiado lluviosos. Sin embargo, en años con precipitación normal pasa casi desapercibida o su incidencia es muy baja.

Síntomas

En los estados iniciales de la enfermedad sólo se observa en la planta afectada una ligera clorosis de las hojas inferiores; posteriormente, la clorosis avanza hacia la parte alta del follaje y las hojas viejas comienzan a secarse y caerse (Figura 78). Este avance de la enfermedad refleja el estado de la parte radicular de la planta. Al comienzo sólo unas cuantas raicillas son afectadas, pero luego la mayor parte del sistema radicular se ve comprometido, además de los tubérculos.

En las raíces el patógeno produce lesiones hundidas y húmedas; el tejido comprometido se ablanda, sobre todo en el cuello y en los estolones. Los tubérculos que se forman en las plantas afectadas presentan porciones ligeramente más oscuras que el resto. Cuando estos tubérculos



Figura 78. Planta de mashua con síntomas de pudrición radicular causada por *Phytophthora* sp.

se cortan longitudinalmente, se observa pudrición semiblanda con el tejido interno de color grisáceo, diferente al color cremoso de la pulpa de los tubérculos sanos. En la mayoría de los casos la infección es sólo parcial y se puede observar en un mismo tubérculo la diferencia entre tejido sano y enfermo (Figura 79). Este último síntoma se observa especialmente en tubérculos recién cosechados.

Agente causal

Se ha aislado *Phytophthora* sp. tanto de raíces como de tubérculos que provienen de plantas con los síntomas descritos anteriormente. En medio de cultivo PDA este hongo forma colonias algodonosas de micelio cenocítico y esporangióforos simples de crecimiento indeterminado. Los esporangios son terminales, más o menos piriformes y sin papila, pero tienen un poro de salida bastante amplio, casi un tercio de la parte más ancha del esporangio (Figura 80).

En el caso de *Phytophthora* en mashua sólo se han encontrado esporangios que germinan y dejan en libertad a las zoosporas. No se ha visto formación de un tubo germinativo.



Figura 79. Corte transversal de un tubérculo de mashua con pudrición semiblanda causada por *Phytophthora* sp.

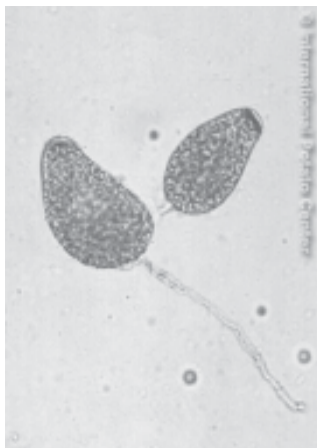


Figura 80. Esporangios de *Phytophthora* sp., causante de pudrición semiblanda en tubérculos de mashua.

La especiación del género *Phytophthora* es complicada porque hay que considerar una serie de características morfológicas y culturales que definen la especie; además, algunas especies heterotálicas no producen órganos sexuales, a menos que estén en presencia de aislamientos compatibles. En aislamientos de mashua no se han encontrado oogonios ni anteridios, lo cual indicaría que se trata de una especie heterotálica.

Epidemiología

El inóculo proviene del suelo, de los residuos de cosecha, y la diseminación es por el agua de lluvia. No se conocen otros aspectos que inciden en el desarrollo del patógeno. Sin embargo, se puede deducir que un exceso de humedad lo favorece.

■ Punta Negra

En pruebas de almacenabilidad de la mashua realizadas durante 4 meses se observó un 8.25% de tubérculos con síntomas de pudrición. De esta cantidad, el 64% correspondió a punta negra, por lo que se considera que ésta es una de las enfermedades más importantes del producto cosechado, especialmente en el departamento de Junín. Pero sus efectos son notorios sólo cuando se almacena por un tiempo prolongado. El hongo causante de la enfermedad produce también manchas foliares.

Síntomas

La enfermedad presenta rasgos muy típicos que le dan carácter de diagnóstico. Cuando se almacenan los tubérculos después de la cosecha, no se observan mayormente síntomas, con excepción de una ligera depresión de unos 2–4 mm en el extremo proximal. Al mes de almacenados la depresión aumenta y abarca hasta 10 mm a partir de la base. En este estado es posible constatar que el tejido adyacente a la zona deprimida tiene una consistencia blanda y cambia ligeramente de color. Después de dos meses de almacenaje se notan los síntomas bien definidos: ablandamiento y oscurecimiento progresivo del tejido, de tal manera que el extremo del tubérculo se arruga, se vuelve fofo, adquiere una coloración negruzca y al corte se observa una cavidad tapizada de crecimiento fungoso muy tenue (Figura 81) y gran cantidad de picnidios oscuros que en conjunto forman una costra negra, signo inequívoco de la enfermedad. Según el tiempo de almacenamiento, el patógeno puede llegar a afectar gran parte del tubérculo.

Cuando los tubérculos afectados se dejan en cámara húmeda, el tejido fungoso prolifera y se forma una especie de globo grisáceo que corona el ostiolo del picnidio. La enfermedad tiene mucha semejanza con la gangrena que afecta a los tubérculos cosechados de ulluco, pero ambas enfermedades son causadas por hongos diferentes.

Si bien la enfermedad tiene importancia económica cuando afecta tubérculos almacenados, las hojas y los pecíolos también son afectados. Hacia el final del período vegetativo, cuando las plantas están en franco proceso de maduración, se producen lesiones en las hojas, especialmente en los márgenes, que originan manchas en forma de medialuna que tienen el centro de color pajizo, rodeadas de un halo amarillento (Figura 82). La mancha puede crecer hasta abarcar gran parte de la hoja, pero lo que ayuda en el diagnóstico y la diferencia de otras manchas foliares de la



Figura 81. Tubérculo de mashua entero y cortado mostrando externa e internamente el daño causado por pudrición negra.

mashua es la presencia de pequeños puntos oscuros que son los picnidios del agente causal, visibles en la cara inferior de las hojas, en el área correspondiente a la mancha. En los pecíolos las manchas son alargadas, rojizas y hundidas. También se forman picnidios en estas lesiones.

Agente causal

La pudrición negra del tubérculo de la mashua es producida por *Ascochyta pinodes* Jones, hongo Deuteromycete que se caracteriza por su producción de abundantes picnidios de color marrón oscuro, de 100–230 µm de diámetro, que inicialmente se encuentran inmersos en el tejido del hospedante (Figura 83), pero que luego irrumpen mostrando una papila no muy prominente, coronada por una masa de conidias que emergen a través del ostíolo en forma de burbuja o globo.

Las conidias son rígidas o ligeramente curvadas e hialinas, con una septa en el centro. Son más largas que anchas, miden 14–16 µm de largo por 4.5 µm de ancho y presentan una ligera constricción a manera de cintura a la altura de la septa (Figura 84).



Figura 82. Hoja de mashua con mancha foliar en forma de medialuna.

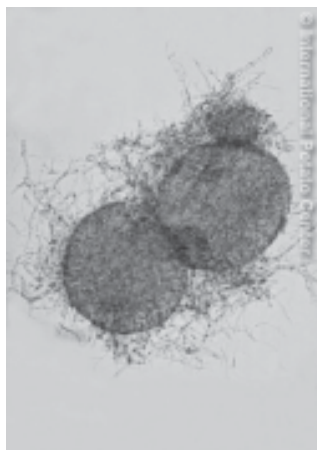


Figura 83. Picnidios de *Ascochyta pinodes*, causante de la pudrición negra de los tubérculos de mashua.

Cuando el hongo se cultiva en medio de laboratorio, forma colonias inicialmente grises que se vuelven completamente negras y forman picnidios al cabo de una semana.

Epidemiología

Se considera que el inóculo primario para la infección de los tubérculos proviene de las hojas afectadas. La lluvia arrastra las masas de conidias hacia el suelo. Para germinar, la conidia requiere alta humedad y baja temperatura, pero la invasión del micelio dentro del tubérculo se produce a $21 \pm 2^\circ\text{C}$ en condiciones de laboratorio.

El hongo tiene capacidad saprofítica y es posible que su conservación de una campaña a otra se produzca en material de

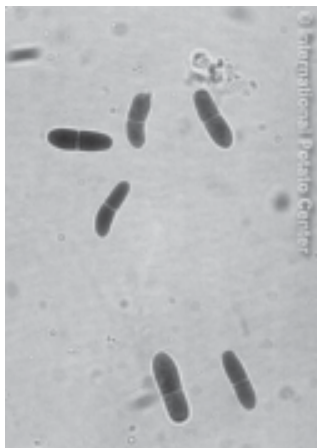


Figura 84. Conidias bi-celulares de *Ascochyta pinodes*.

desecho, sobre todo en los tubérculos que siempre quedan en el campo después de la cosecha. Los daños llegan a ser considerables cuando la cosecha se realiza durante la época lluviosa y especialmente a temperaturas bajas (10–12°C).

■ Pudriciones Secundarias del Producto Almacenado

Con frecuencia se observa en los tubérculos de mashua un secamiento en el extremo proximal que avanza sistemáticamente hasta abarcar cierta porción del tubérculo y dejar sano el resto. Sin embargo, los tubérculos almacenados con daños iniciales de este tipo pueden destruirse íntegramente si son invadidos por organismos secundarios. La magnitud del daño corresponde directamente al tiempo en que los tubérculos han permanecido almacenados.

Síntomas

El síntoma inicial se observa durante la cosecha en el extremo del tubérculo que se une con el estolón. El tejido comprometido tiene una apariencia ligeramente vidriosa, sin pérdida de turgencia. Posteriormente esta porción se descolora, se ablanda, se seca y se arruga. Pero no se ve una zona de transición entre el tejido seco y el normal, e incluso el secamiento puede detenerse y comprometer sólo parte del tubérculo.

Es evidente que no se trata de una pudrición sino que el tejido se seca paulatinamente. Los tubérculos almacenados con este daño se secan lentamente, pero si han sido masivamente invadidos por diferentes tipos de organismos, se deterioran en muy corto tiempo, con un tipo de pudrición que depende del organismo involucrado. Los hongos que producen pudriciones secundarias generalmente esporulan en la superficie seca del tubérculo.

Causas

Se cree que el daño inicial es causado por heladas o es el producto de una deficiencia de agua durante la tuberización. Se produce una especie de ablandamiento previo que puede llegar a secarse o puede ser invadido por hongos de los géneros *Mucor* (Figura 85), *Rhizopus* (Figura 86), *Cylindrosporium* (Figura 87), *Penicillium* (Figura 88), *Fusarium* (Figura 89), etc., y bacterias de los géneros *Erwinia* y *Pseudomonas*. Todos estos organismos son predominantemente saprófitos, puesto que invaden el tejido previamente dañado por las causas señaladas.

Una evidencia a favor del efecto de las heladas y de la falta de agua, o la combinación de ambos, es que este tipo de pudrición no se presenta cuando los tubérculos se cosechan antes del mes de junio, cuando las heladas son de mayor intensidad, más prolongadas y más frecuentes. Además, para esta época del año cesan las lluvias y, por lo tanto, hay escasez de agua en el campo.



Figura 85. Tubérculo de mashua afectado por *Mucor pyriformis* junto a uno sano.



Figura 86. Tubérculo de mashua afectado por *Rhizopus* spp.



Figura 87. *Cylindrosporium* sp. en tubérculos almacenados.

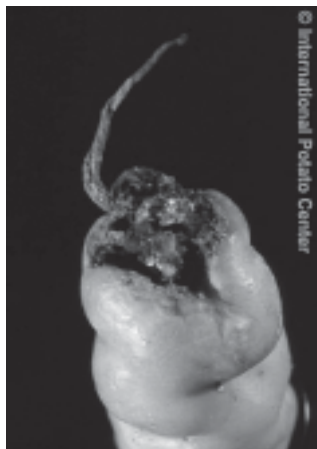


Figura 88. *Penicillium* sp. en tubérculos almacenados.

Epidemiología

La velocidad y las características de la pudrición dependen del patógeno involucrado. Pudriciones causadas por *Rhizopus* y *Mucor* destruyen el tubérculo en muy corto tiempo (5 a 6 días); en cambio, *Fusarium* es más lento. *Penicillium* es mucho más lento y de efecto restringido, ya que a veces invade lo que ha sido invadido previamente por otros organismos.

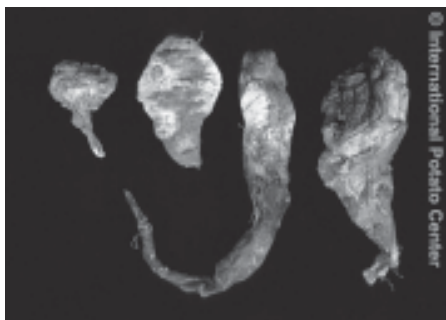


Figura 89. *Fusarium* spp. en tubérculos de mashua después de 2 meses de almacenados.



Maca

(*Lepidium meyenii* Walpers) Brassicaceae

El cultivo de la maca está restringido a la zona de los Andes centrales en los departamentos de Junín y Pasco. Es tan tolerante al frío que se cultiva a altitudes de más de 4000 m, donde muy pocas especies de plantas sobreviven.

El follaje de maca se desarrolla extendido sobre la superficie del suelo, en forma circular. La raíz es de forma parecida a la de un rábano gigante. El follaje sirve ocasionalmente de forraje para el ganado. Los lugareños consumen la raíz asada o en dulce; es muy apreciada por su sabor agradable y se le atribuyen cualidades medicinales y energéticas. Se asegura también que aumenta la fertilidad del ganado.

Actualmente, el cultivo ha tomado mucho impulso porque se ha comenzado a industrializar. En el mercado se puede obtener una serie de preparados a base de maca, como pastillas, harina, mermelada y bebidas, las cuales tienen aceptación entre el público.

La planta de maca es considerada bienal porque su cultivo abarca dos etapas: una vegetativa y una sexual, en dos años consecutivos. Para la etapa vegetativa, se siembra semilla sexual y la planta se mantiene en cultivo hasta que forme raíces reservantes (hipocótilos) de tamaño comercial (unos 6 meses). Se cosecha y luego se seleccionan los hipocótilos más robustos y bien formados. Estos se mantienen en latencia por 20 días a 2 meses para luego usarlos como semilla vegetativa. La semilla vegetativa se planta en un

almácigo con tierra preparada y una vez que brota se trasplanta al terreno definitivo, donde florea y produce semilla sexual en unos 5–6 meses.

A pesar de su rusticidad, la planta es susceptible a enfermedades causadas por hongos que atacan tanto a la parte foliar como a las raíces e hipocótilos en ambas etapas de cultivo.

■ Tizón Velloso

El tizón velloso, conocido también como mildiu, es una enfermedad que ataca principalmente al follaje, aunque también se ha encontrado en la corona y en la parte superior de los hipocótilos, cuando no están convenientemente enterrados. Causa la muerte de las plantas, sobre todo si el ataque ocurre en los primeros estadios de desarrollo de la etapa vegetativa.

Síntomas

El síntoma inicial en plantas jóvenes que provienen de semilla sexual es un amarillamiento de las hojas más externas (Figura 90), las que luego se secan prematuramente pero permanecen adheridas a la planta por largo tiempo. Si observamos en detalle las hojas afectadas, notamos una pelusilla blanca grisácea en la cara inferior. Desde que la infección es continua, las hojas nuevas que emergen de la corona no tardan en mostrar

los síntomas iniciales de la enfermedad. Los daños pueden ser tan severos en estas plantas jóvenes que pueden morir o debilitarse y los hipocótilos no alcanzan un desarrollo normal.



Figura 90. Planta de maca mostrando amarillamiento de las hojas más externas y eflorescencia blanca grisácea en el envés de las hojas.

En plantas adultas de cultivos para la producción de semilla sexual, el follaje generalmente se engruesa, los pecíolos adquieren una apariencia erecta, y las hojas toman primero un tinte amarillento, luego rojizo, y tienden a curvarse, adquiriendo una apariencia abolsonada. Cuando la planta alcanza la madurez, las hojas y todo el aparato floral se secan y la pelusilla que caracteriza a la enfermedad se convierte en una capa costrosa blanca grisácea que cubre la planta íntegramente.

Los hipocótilos, sobre todo aquéllos que no han sido enterrados convenientemente, muestran una costra oscura, gruesa, de tejido necrosado, en que el hongo causante de la enfermedad se ha desarrollado primero vegetativamente, en la parte externa, y luego ha formado las estructuras sexuales y de conservación en la parte interna.

La semilla botánica afectada muestra en el ápice una porción necrótica ligeramente hundida, de color marrón oscuro (Figura 91), donde se encuentra una gran cantidad de estructuras de conservación del agente causal.

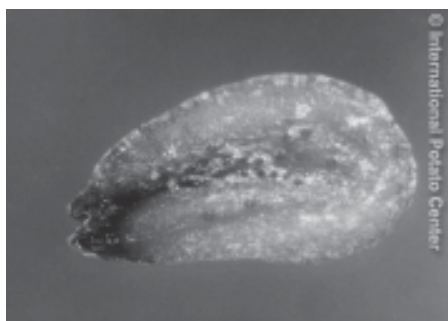


Figura 91. Semilla de maca con infección de *Peronospora parasitica*.

Agente causal

El tizón vellosa de la maca es causado por el hongo Oomycete *Peronospora parasitica* Pers. ex Fries, que tiene un micelio cenocítico y esporangióforos largos, de 107–204 μm de longitud y entre 4.8 y 8.7 μm de diámetro en la base. Estos se ramifican más o menos dicotómicamente y terminan en dos esterigmas desiguales curvados hacia abajo.



Figura 92. Esporangióforos y esporangios de *Peronospora parasitica*, causante del mildiu de la maca.

Al extremo de los esterigmas se insertan esporangios solitarios, ovales a elípticos, hialinos a ligeramente amarillentos y de protoplasma granulado (Figura 92); miden entre 20.4 y 37.2 μm de largo y 15.1–25.2 μm de ancho. Los oogonios son de pared gruesa, casi redondos, y de protoplasma granulado; los anteridios son cortos y paráginos y tienen forma de ventosa.

Las oosporas (Figura 93) tienen un diámetro de 38.9–55.2 μm . Se forman en abundancia en el tejido senescente del follaje, en la parte superior de los hipocótilos maduros, en las brácteas de la inflorescencia y en la semilla. Son redondeadas,

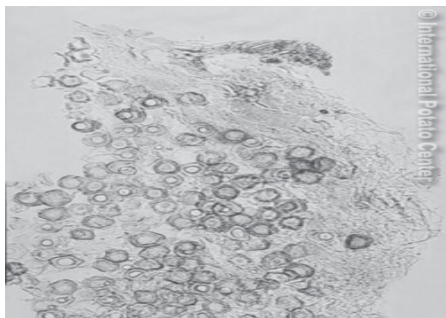


Figura 93. Oosporas de *Peronospora parasitica* extraídas del tejido senescente de hojas afectadas de mildiu.

apleróticas, de episporio reticulado, amarillo a marrón dorado, y miden entre 7.2 y 12 mm de espesor.

Epidemiología

La enfermedad probablemente se inicia a partir de las oosporas que quedan en el rastrojo de cultivos anteriores. También es probable que se inicie a partir de semilla contaminada, porque se han recuperado oosporas

del hongo a partir de estructuras carpelares necrosadas y de la semilla sexual.

Cuando se inicia la enfermedad y se forman los esporangios, éstos son los agentes que se encargan de la diseminación durante la época de desarrollo del cultivo. Esto se ha comprobado cuando se han inoculado plantas sanas con una suspensión de esporangios. El hongo requiere un cielo radiante y temperaturas bajas para su desarrollo, esporulación y diseminación. La diseminación, como en otros mildius, se realiza por el viento. La germinación, penetración, infección y esporulación sólo se han inducido en condiciones de laboratorio cuando las plantas inoculadas con una suspensión de esporangios han sido sometidas a temperatura diurna de 18°C y nocturna de 4°C durante 6 días. La incidencia es del 100% de las plantas en algunos campos.

La movilización indiscriminada de la semilla sexual puede llevar la enfermedad hacia zonas remotas porque el hongo permanece viable dentro de la semilla en su forma de oospora. Actualmente, hay una gran demanda de semilla sexual porque el cultivo de maca se está expandiendo hacia lugares donde antes no se sembraba.

■ Oidio

Esta enfermedad afecta exclusivamente al follaje, produciendo una pérdida de vitalidad y disminución del peso total de la cosecha. Es frecuente en el departamento de Junín, la mayor zona productora de maca en el Perú. En determinados años ha tenido una incidencia de 50% en plantas en etapa de crecimiento activo.

Síntomas

La enfermedad se inicia en la cara superior de las hojas de brotes nuevos, al centro de la planta, donde aparecen pequeños parches dispersos en forma de colchones de hifas blanquecinas (Figura 94). Las hojas jóvenes atacadas generalmente se arrugan y se secan a partir de las puntas. Finalmente, toda la planta se recubre de una capa blanca grisácea, pulverulenta, de crecimiento fungoso. Bajo condiciones favorables se puede producir la muerte regresiva, comenzando por las partes más jóvenes de la planta.



Figura 94. Síntomas de oidio en hojas de maca.

Agente causal

El oidio de la maca es causado por *Erysiphe cruciferarum* Opiz ex Junell., hongo Ascomycete del Orden Erisiphales. Se caracteriza por formar una eflorescencia pulverulenta de color blanco en las hojas, constituida por el micelio y las conidias del hongo. El micelio es superficial y bien desarrollado, del que se desprenden los conidióforos, a partir de una célula pie en forma de T invertida. Los conidióforos son largos y están formados por dos o más células (Figura 95). Las conidias (oidias) se forman apicalmente y se desprenden en la madurez. Una conidia madura tiene forma cilíndrica



Figura 95. Oidióforo y oidias de *Erysiphe cruciferarum*.

o elipsoidal, mide entre 40 y 50 mm de largo por 15–17 mm de espesor y tiene un protoplasma denso, granulado y refringente. No se ha encontrado el estado sexual.

Epidemiología

El hongo sobrevive de una campaña a otra como micelio latente en las yemas de la corona o en otros hospedantes, manteniendo un perfil bajo, e inicia su ciclo durante la etapa vegetativa del cultivo. Cuando se conservan los hipocótilos para el siguiente ciclo de producción de semilla, el hongo se mantiene en estado latente en las yemas, para luego iniciar un nuevo ciclo después de que los hipocótilos han sido trasplantados.

Erysiphe cruciferarum alcanza su mayor desarrollo cuando hay neblinas persistentes durante la mañana y pocas horas de brillo solar. Las conidias pueden germinar a muy baja humedad relativa, pero el tubo germinativo requiere humedad para desarrollar micelio e invadir al hospedante. El hongo puede sobrevivir en épocas muy frías. La diseminación se realiza por el viento y por los hipocótilos infectados.

■ Pudrición Blanca

La pudrición blanca o pudrición del cuello es una enfermedad que afecta también a otras raíces y tubérculos andinos, incluyendo la papa, aunque en maca sólo se ha encontrado esporádicamente en el campo. Es frecuente como causante de pudrición en las pozas de brotamiento.

Síntomas

La enfermedad no es generalizada; dentro de un campo, algunas plantas presentan síntomas de un ligero amarillamiento al comienzo y luego la muerte del follaje. El síntoma más evidente es la presencia de lesiones húmedas en la base del tallo, generalmente recubiertas de micelio blanco algodonoso y esclerocios negros y chatos. En estas circunstancias los tallos afectados se doblegan y mueren. Las raíces-hipocótilo que sobresalen de la superficie del suelo también se afectan; se forma primero una ligera depresión superficial húmeda, que luego se recubre de un crecimiento fungoso que afecta la corona, provoca la muerte de todos los tallos (Figura 96) y compromete a la parte de la raíz que se encuentra fuera del suelo (Figura 97). Cuando estas raíces o aquéllas parcialmente afectadas son llevadas a las pozas de brotamiento, completan allí lo que iniciaron en el campo, es decir, consumen casi totalmente el hipocótilo. El tejido afectado del hipocótilo es de consistencia blanda y húmeda, y de color grisáceo y olor desagradable, esto último debido probablemente a la invasión de organismos secundarios.

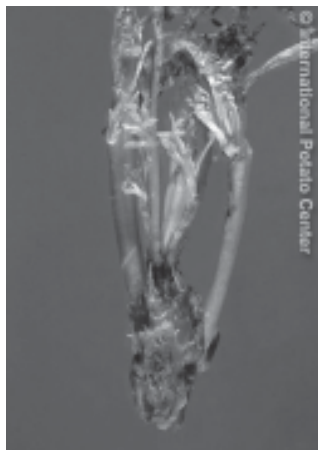


Figura 96. Lesiones húmedas recubiertas de micelio blanco algodonoso y esclerocios negros chatos.

Agente causal

La pudrición blanca es causada por el hongo Ascomycete *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (syn. = *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf. & Dumont), cuya característica es que forma un micelio profuso, blanco y algodonoso, durante su fase vegetativa o actividad parasítica intensa. Una vez que madura el micelio se forman los esclerocios, que son las estructuras de conservación del patógeno. Estos pueden permanecer en el suelo por mucho tiempo en ausencia de sustrato, pero si hay suficiente humedad, germinan y producen

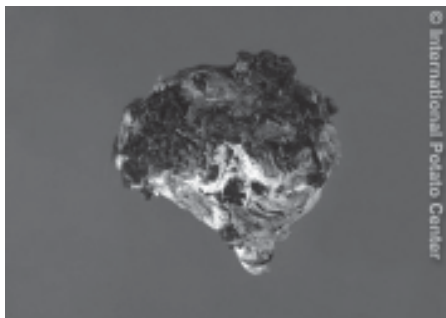


Figura 97. Raíz hipocótilo con crecimiento miceliano blanco entremezclado con esclerocios negros.

apotecios pedicelados de color blanco cremoso o canela de 5–15 mm de diámetro, en cuya superficie externa se encuentran ascas cilíndricas de 90–240 por 4–25 mm. Las ascas encierran ascosporas ovoides e hialinas, de 5–25 por 2–15 mm.

Entremezcladas con las ascas se encuentran paráfisis filiformes e hialinas que sobrepasan ligeramente la altura de las ascas dentro del apotecio.

Cuando hay un sustrato apropiado y suficiente humedad, los esclerocios germinan, produciendo el micelio que invade directamente la planta. Las ascosporas también son infectivas, pero requieren agua libre para germinar.

Epidemiología

El hongo necesita humedad permanente para ser viable y sólo vive en condiciones aeróbicas, por ello no se encuentra más que a flor de tierra, desde donde invade la corona, los tallos y la parte superior de los hipocótilos. Cuando la planta muere, el hongo sigue desarrollándose a expensas de los despojos.

La enfermedad se ha detectado a más de 3800 m de altitud, donde las temperaturas varían de 20°C a menos de 0°C y donde hay luminosidad y suficiente humedad de las precipitaciones.

■ Carbón

El carbón se presenta en la raíz (hipocótilo), pero no la afecta directamente sino que forma tumores independientes unidos a ella por medio de una especie de estolón. Esta enfermedad adquiere proporciones serias en los semilleros, donde se mantienen plantas para la producción de semilla sexual. En otras brasicáceas, las plantas afectadas de carbón no llegan a producir semillas de origen sexual o, si las producen, éstas son estériles.

Síntomas

La parte aérea de la planta no presenta síntomas, con excepción de una ligera clorosis en algunos casos. Generalmente las plantas afectadas son similares a las plantas sanas, por lo que no es posible detectar la enfermedad sólo con observar la parte aérea del cultivo. Cuando se escarba y se extrae la planta del suelo, recién se observa el síntoma real, que consiste en la presencia de agallas de color grisáceo y apariencia lobulada. Estas agallas no están adheridas a las raíces, sino que se encuentran

unidas a ellas por una prolongación de 10–50 mm de longitud y 2–3 mm de diámetro, semejante a un estolón (Figura 98).



Figura 98. Agalla carbonosa conectada al hipocótilo de maca por medio de una prolongación a manera de estolón.

Una raíz puede estar conectada a más de una agalla. Algunas veces se han encontrado agallas más grandes que los hipocótilos a los que están unidas. Las agallas se parecen a aquéllas que se producen en la parte subterránea de las plantas de papa atacadas por el hongo *Angiosorus solani*, que causa el carbón de la papa, con la diferencia que en papa la agalla crece adherida directamente al cuerpo mismo de la planta, sea un tubérculo, un estolón o el cuello de la raíz, o el tumor se forma en una parte del órgano. Las

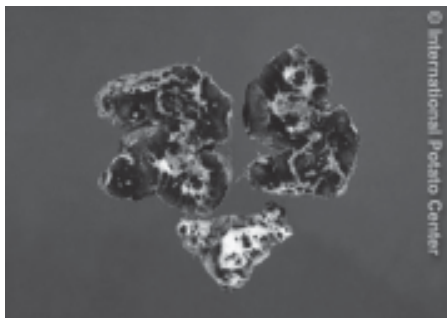


Figura 99. Corte transversal de una agalla carbonosa en raíz de maca.

agallas de maca en pleno estado de desarrollo están formadas de tejido hipertrofiado, intercalado con bolsones de color marrón oscuro que contienen el hongo en esporulación (Figura 99).

Generalmente las plantas afectadas producen follaje reducido y raíces-hipocótilos más pequeños, lo cual posiblemente se deba a una competencia por los nutrientes con la agalla.

Agente causal

El carbón de la maca es causado por el hongo Ustilagin *Urocystis brassicae* Mundkur, que se caracteriza por su producción de agallas lobuladas de tejido hipertrofiado dentro de las cuales se forman las teliosporas (clamidosporas) de color marrón rojizo, en grupos de 1 a 5, soldadas entre sí formando unidades compactas (Figura 100). Una hilera de células transparentes estériles rodea al conjunto de teliosporas. Individualmente las teliosporas miden entre 14.4–21.6 por 9.6–16.8 mm, con un promedio de 15.4 por 17.9 mm. Las células estériles tienen de 7.2–16.8 por 4.8–9.6 mm, con un promedio de 11 por 6 mm. El conjunto de teliosporas, agrupadas y soldadas entre sí, mide de 28.8–57.6 por 24.0–48.0 mm, con un promedio de 42.7 por 33.9 mm.

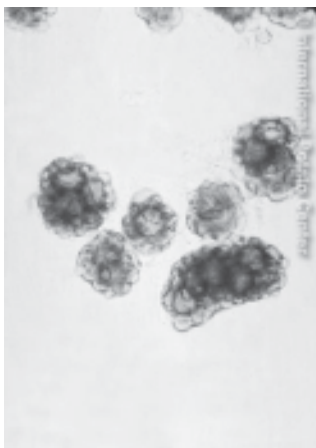


Figura 100. Teliosporas de *Urocystis brassicae* extraídas de agallas carbonosas en raíz de maca.

Las teliosporas, aunque están fuertemente unidas en grupos compactos, germinan individualmente, formando un tubo grueso que se convierte en basidio.

Epidemiología

La enfermedad se ha encontrado en el departamento de Junín a una altitud de 4200 m, restringida a la parte subterránea de la planta. El hongo se conserva en el suelo en forma de clamidosporas. No se conocen sus requerimientos en cuanto a condiciones

de medio ambiente, ni el tiempo que puede permanecer viable en el suelo. Los suelos infestados son la fuente de inóculo para la siembra siguiente.

La diseminación se realizaría por la movilización del material de siembra hacia lugares donde no está presente el patógeno y también por efecto del agua de lluvia, principalmente en campos de cultivo ubicados en las laderas de los cerros o aquéllos con alguna pendiente; también es posible que se disemine por el pastoreo.

No se ha hecho un estudio detallado sobre la biología de este hongo, ni su patogenicidad. El estudio del patógeno y su caracterización se han hecho a partir de material extraído directamente de muestras recogidas en el campo.

El rendimiento en peso de los hipocótilos indudablemente disminuye porque la planta fotosintetiza para satisfacer también las necesidades del tumor.

Sembrar maca en el mismo campo, en campañas sucesivas, puede perpetuar la enfermedad y hacer difícil su erradicación.

■ Piel de Culebra

La maca es un cultivo que estuvo restringido a las partes más altas del departamento de Junín; sin embargo, su ámbito está ampliándose hacia otras zonas. Esto, unido a la forma de propagación de la maca, puede propiciar la diseminación de enfermedades tales como la piel de culebra o Rhizoctoniasis.

Síntomas

Cuando se siembra semilla botánica en suelos infectados, el síntoma más evidente es que las plántulas no emergen por pudrición de la semilla o que las plantas recién emergidas mueren por lesiones a la altura del cuello. En plantas adultas las lesiones son generalmente a nivel del suelo (Figura 101), de manera que se produce un estrangulamiento que hace que la planta se doble.

Si se siembran hipocótilos sanos en suelos infestados, el hongo invade la superficie del hipocótilo, formando almohadillas, que son concentraciones de micelio en un determinado espacio de la superficie del hipocótilo. Cuando el hipocótilo crece, la parte interna ejerce presión sobre la superficie afectada y forma los conocidos «cuadriculados» que constituyen el síntoma de la enfermedad. En algunos casos se ha visto deformación y resquebrajaduras profundas en el hipocótilo (Figura 102).

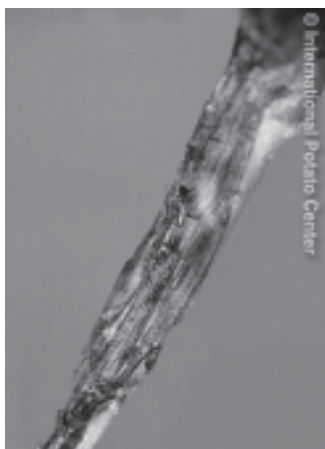


Figura 101. Lesiones hundidas en el cuello de una planta de maca causadas por *Rhizoctonia solani*.

Durante la época lluviosa la base del tallo se recubre de un sobrecrecimiento fungoso de color blanco cenizo. Debajo de esta capa fungosa se observa el tejido del tallo ligeramente hundido y descolorido (Figura 103).

Agente causal

Rhizoctonia solani Kühn es el causante de la enfermedad. Este hongo ya ha sido descrito en detalle en otras secciones del libro (ver páginas 33 y 64). También se ha encontrado en maca la fase sexual de *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, la cual produce basidias que recubren el cuello de la planta, pero no se han encontrado esclerocios ni se conoce el grupo de anastomosis al que pertenece.



Figura 102. Deformación y resquebrajaduras causadas por *Rhizoctonia solani* en raíces de maca.

Epidemiología

Como ya se ha mencionado, *R. solani* vive en el suelo como parásito de un sinnúmero de plantas o como saprófito en desechos de cosecha. No se conocen sus requerimientos nutricionales ni de temperatura o humedad, pero como referencia se puede mencionar que la altitud a la cual se cultiva la maca presenta temperaturas bajas del suelo y precipitaciones frecuentes.



Figura 103. Síntoma de *Thanatephorus cucumeris* en tallo de maca.

■ Cancro

Las muestras con esta enfermedad provienen del departamento de Junín, donde se recolectaron plantas en etapa de crecimiento rápido y de maduración.



Figura 104. Tallo de maca con canchros causados por *Phoma* sp.

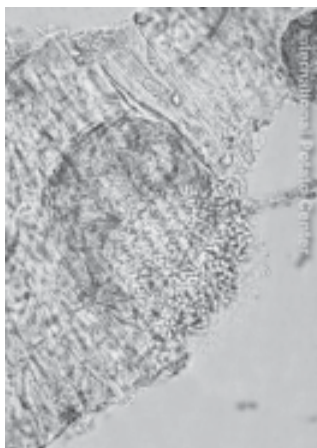


Figura 105. Sección transversal de un picnidio de *Phoma* sp., causante del cancro en maca.

Síntomas

En las hojas y pecíolos se observan manchitas simétricas, generalmente redondas, de 3–5 mm de diámetro, con el borde rojizo y el centro de color canela a pajizo. En el tallo las lesiones tienen las mismas características, excepto que son alargadas (Figura 104); alcanzan hasta 15 mm de largo y 5 mm de ancho. A veces estas manchas confluyen y forman un área considerable de tejido lesionado; en este caso, las lesiones se profundizan, formando canchros hundidos con grietas en los bordes. Tanto en las hojas como en el tallo, las manchas maduras tienen en el centro unos puntitos oscuros que son los picnidios del agente causal.

Agente causal

Phoma sp. ha sido aislado de lesiones canchrosas en hojas y tallos. Este hongo forma picnidios semi-inmersos (Figura 105) en el tejido afectado. Los picnidios son globosos, de pared negra y tienen 300–600 mm de diámetro y una abertura redonda para evacuar las conidias a la madurez. Las conidias son unicelulares, hialinas, alargadas y bigutuladas, de 3–4 mm de largo y 1.5–2.0 mm de ancho. Los picnidios y las conidias se asemejan mucho a lo que en la literatura se describe como *Phoma lingam* (Tode ex Fries) Desm. Tipo I, pero no se ha encontrado la fase teleomórfica.

Epidemiología

Las especies de *Phoma* causan problemas serios en climas fríos. Para *P. lingam*, se informa de daños serios en la zona tropical, pero sólo en lugares elevados, condición que coincide con su distribución geográfica. La diseminación se realiza a partir de material infectado que es trasladado por el viento, los insectos y la semilla botánica, por lo que es importante saber sobre su procedencia.

■ Pudriciones en Pozas de Brotamiento y Patios de Secado

La modalidad de enterrar los hipocótilos que provienen de semilla sexual, en pozas excavadas en el suelo, con el objeto de conservarlos e inducir el brotamiento, tiene el inconveniente de propiciar pudriciones que destruyen gran parte del material sometido a esta práctica. La pudrición se produce porque los hipocótilos llevan consigo restos de infecciones adquiridas en el campo y porque han sufrido lesiones durante la cosecha.

Es necesario señalar que hay riesgos en este método de conservación, sobre todo si no se tiene cuidado en seleccionar el material, someterlo a un proceso de curado o usar un desinfectante. La selección tiene por objeto eliminar todo material que presenta indicios de infecciones previas. El curado se hace para fortificar la epidermis y cicatrizar las heridas ocasionadas al extraer los hipocótilos del suelo durante la cosecha. Las heridas permiten el ingreso de hongos y bacterias que causan pudriciones. La desinfección se realiza generalmente por medio de productos químicos que destruyen los organismos patógenos de la superficie de los hipocótilos para evitar la infección.

En determinados casos la pudrición destruye el 100% de los hipocótilos de la poza.

Síntomas

La pudrición es el producto de la descomposición del tejido por efecto de enzimas producidas por bacterias y hongos parásitos y saprófitos que hidrolizan compuestos orgánicos tales como proteínas, azúcares, celulosa, etc. Es lo que ocurre en las pozas de brotamiento donde a simple vista se observa una proliferación miceliana en la superficie (Figura 106). Al

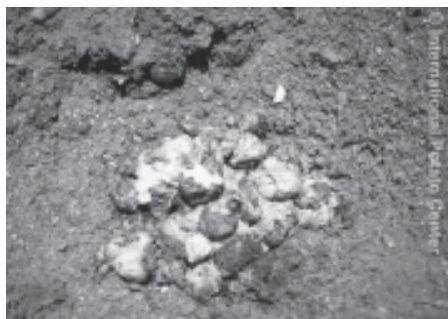


Figura 106. Proliferación miceliana en una poza de brotamiento de maca.

remover la poza, se encuentran los hipocótilos en distintos estados de descomposición, según el organismo involucrado.

En las pozas predomina el tipo de pudrición blanda que consiste en la descomposición total del tejido y su transformación en una masa acuosa de olor fuerte. Un tipo de infección se inicia en las lesiones producidas durante la

cosecha, por donde ingresan hongos y bacterias de conocido poder saprofítico. Otro tipo de pudrición blanda es simplemente consecuencia o prolongación de las enfermedades que sufre la planta en el campo.

Las pudriciones en los patios de secado se producen principalmente cuando no se protegen los hipocótilos de la lluvia. Dos o tres días después de una lluvia, el material que se ha acondicionado en los patios para un proceso de deshidratación natural se recubre de un sobrecrecimiento fungoso que puede llegar a destruir el 100% del producto.

En muchos casos los hipocótilos son destruidos por la proliferación de organismos saprófitos que terminan de destruir lo que iniciaron los parásitos en el campo (Figura 107).

Agente causal

Mucor piriformis Fischer y *M. racemosus* Fres. son los agentes causales más importantes. Su capacidad enzimática, junto con la forma tan profusa

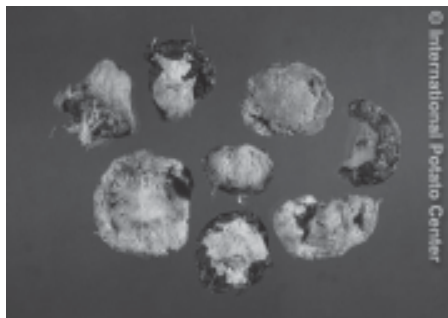


Figura 107. Hipocótilos en distintos estados de descomposición extraídos de una poza de brotamiento.

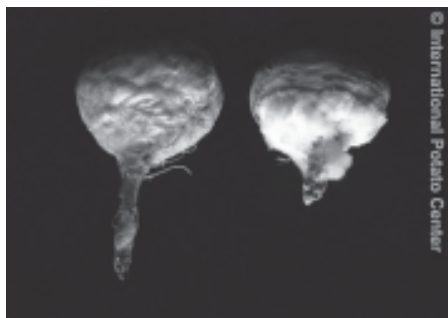


Figura 108. Hipocótilos afectados de *Fusarium gramineum* en un patio de secado.

y abundante en que crece el micelio, hace que el sustrato se deteriore en poco tiempo. Estas especies son consideradas parásitos débiles; requieren heridas para penetrar y una vez que penetran les resulta fácil colonizar, empleando para ello las enzimas que producen.

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary es otra especie que se aísla con frecuencia de las pozas de brotamiento. Aunque *S. sclerotiorum* es parásito en plantas vivas, también tiene capacidad saprofítica; por ello la pudrición en las pozas se inicia por medio de los hipocótilos que se llevan infectados del campo.

Fusarium gramineum Corda es otra especie predominante en las pozas de brotamiento (Figura 108). Esta especie tiene



Figura 109. Conidias de *Fusarium gramineum*.

macroconidias falcadas e hialinas, con 3–7 septas; la célula apical tiene forma de pico y la basal es de forma de hoz (Figura 109). No produce microconidias ni clamidosporas.

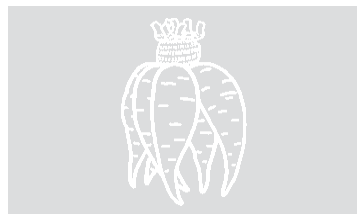
Con *Fusarium* los hipocótilos también llevan consigo el inóculo inicial proveniente de infecciones en el campo. Las condiciones de las pozas ayudan al desarrollo y proliferación de especies parásitas y saprófitas de *Fusarium*.

Bacterias del género *Erwinia* también se encuentran presentes en el material de las pozas de brotamiento.

Epidemiología

No se conoce ningún factor ambiental que incida en el desarrollo de las pudriciones en las pozas de brotamiento, con excepción de la temperatura. Las especies que se han encontrado afectando hipocótilos de maca son capaces de infectar otros cultivos a temperaturas de hasta 30°C. Sin embargo, especies de *Mucor* son capaces de infectar a temperaturas tan bajas como 5°C. Es determinante el manejo de las pozas, donde sólo debe ingresar material debidamente seleccionado y limpio, sin lesiones.

En los patios de secado el factor determinante para la pudrición es la lluvia. Mientras no haya lluvia, el proceso de secado se realiza normalmente.



Arracacha

(*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) Apiaceae

La arracacha es una planta nativa, cultivada por sus raíces suculentas. Es una herbácea anual que se adapta al clima de los valles de la región andina y, en muchos lugares, se usa cotidianamente por su alto contenido de almidón, calcio y vitamina A. Tiene un sabor dulzón agradable y se consume hervida o en sopas. Produce raíces alargadas parecidas a la zanahoria, de color blanco-crema a rojo vinoso.

La arracacha se cultiva en diversas regiones de América del Sur, América Central y el Caribe y últimamente ha sido llevada a Australia.

En Brasil es un cultivo bastante difundido en el centro y sur del país, incluso se expenden productos procesados a base de este cultivo. Entre los cultivos andinos, la arracacha es uno de los pocos que se industrializa.

A diferencia de otras raíces andinas, la arracacha se cultiva en los valles abrigados de la zona andina y no en las partes más altas de la cordillera. Se cultiva también en ciertos lugares de la costa y ceja de selva hasta los 1000 m de altitud.

En viajes de prospección realizados a los departamentos de Cajamarca y Ancash (Huaraz) se ha comprobado la presencia de enfermedades que afectan al follaje, la corona, los colinos y las raíces de esta planta.

■ Oidio

El oidio es una enfermedad foliar que se comporta en forma diferente en sembríos de arracacha en la costa, sierra y selva. Mientras en la sierra pasa casi desapercibida, en cultivos experimentales de la costa se ha observado una fuerte incidencia. En cuanto a la ceja de selva, donde también se ha introducido el cultivo, el oidio puede llegar a ser una enfermedad importante.

Síntomas

El oidio se manifiesta sólo en la parte aérea de la planta. Lo habitual es la presencia de una capa polvorienta de color blanco grisáceo que cubre parcialmente los distintos órganos de la planta. En el caso específico de la arracacha, toda la parte aérea es susceptible. El patógeno forma inicialmente parches pequeños en las hojas (Figura 110), luego se generaliza e invade los pecíolos, los tallos, la inflorescencia y las cápsulas que encierran las semillas. La enfermedad es más notoria en los brotes tiernos de la planta, aunque las hojas de la parte inferior pueden estar parcial o totalmente necrosadas.



Figura 110. Síntoma de oidio en hoja de arracacha.

En los pecíolos y tallos tiernos, debajo del desarrollo micelial del hongo, se producen lesiones. En cultivos experimentales se ha visto que en las inflorescencias el hongo invade totalmente los sépalos y pétalos, produciendo un micelio que los cubre íntegramente; también invade totalmente las cápsulas que encierran las semillas.

Agente causal

El oidio de la arracacha es causado por el hongo Ascomycete *Leveillula taurica* (Lev.) Arn., del que sólo se ha observado en este hospedante la fase anamórfica. Si bien el micelio es epífito como en la mayoría de los Erysiphales, las hifas penetran hasta el mesófilo donde invaden las células por medio de haustorios globosos lobulados. Los conidióforos que se forman a partir de hifas aéreas son generalmente solitarios, pero los que provienen de hifas que crecen dentro del tejido de la planta emergen en grupos a través de los estomas. Generalmente los conidióforos son largos y delgados, con más de una septa transversal, y miden 53–108 mm de largo por 7.2–9.6 mm de diámetro. Los conidióforos que emergen del interior del tejido son más largos que los que se forman en las hifas aéreas.

Las oidias son cilíndricas (Figura 111), más anchas en la base que en el ápice y de protoplasma granulado y no presentan cuerpos de fibrosina; miden entre 26.4 y 55.2 mm de largo por 9.6–16.8 mm de diámetro.

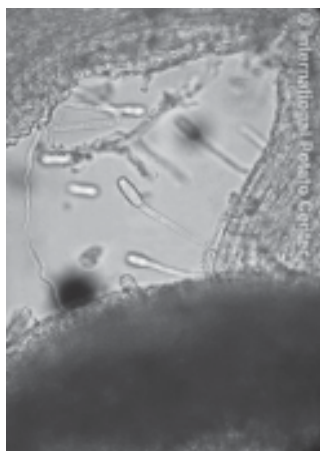


Figura 111. Oidióforos y oidias de *Leveillula taurica*.

Epidemiología

La temperatura, la humedad relativa y la luminosidad influyen en el desarrollo de la enfermedad, así como también en el estado nutricional de la planta.

Las conidias de *Leveillula*, como las de otros Erysiphales, no son tan exigentes en humedad para germinar; sin embargo, la humedad es necesaria para la penetración del tubo germinativo en la planta. La enfermedad progresa cuando hay neblinas en las primeras horas del día y los días son un poco umbrosos. En cuanto a la temperatura, el hongo tampoco es exigente y puede resistir temperaturas extremas.

Lo más importante en la epidemiología de la enfermedad es la condición nutricional de la planta. Cuando falta humedad en el suelo, los nutrientes no se disuelven y no son absorbidos por la planta. Este estrés la sensibiliza.

Cuando la enfermedad compromete el follaje de las plantas jóvenes, las raíces no se llenan normalmente. Otro aspecto digno de mencionarse es el efecto que podría tener la enfermedad en la normal formación de la semilla sexual. Las cápsulas son fuertemente atacadas, lo cual conduce a una reducción en la germinación de la semilla, como se ha comprobado en trabajos experimentales. La semilla vegetativa (colinos) que proviene de las plantas enfermas es de menor calidad.

La enfermedad se disemina por el viento que transporta las conidias con facilidad.

■ Alternariosis

La enfermedad está presente dondequiera que se siembre la arracacha. Su incidencia y severidad dependen de las condiciones del medio ambiente y puede convertirse en un problema serio dada la prolongada permanencia del cultivo en el campo. Como toda enfermedad foliar, probablemente reduce el rendimiento, especialmente porque produce defoliación.

Síntomas

Es una enfermedad netamente de la parte aérea de la planta; afecta las hojas, los tallos y los pecíolos. En las hojas la infección se inicia generalmente como puntitos oscuros rodeados de un halo amarillento que a veces abarca gran parte de la hoja. Los puntos iniciales crecen rápidamente y finalmente se forman unas manchas nítidas, a veces con círculos concéntricos. También se ha notado defoliación. En tallos y pecíolos se producen lesiones redondas de color castaño claro, rodeadas de un halo marrón rojizo (Figura 112). Las lesiones en los tallos y pecíolos pueden coalescer y abarcar grandes áreas.



Agente causal

Las lesiones descritas son causadas por *Alternaria* sp., que esporula en la cara inferior de las hojas. Del tejido necrosado emergen conidióforos ligeramente flexuosos en grupos de dos o tres. Las conidias son solitarias, de color marrón oliváceo, y miden hasta 420 nm de largo por 18–25 nm de diámetro en la parte más ancha; están provistas de un pico largo flexuoso de color menos intenso que el resto de la conidia. Tienen 5–12 tabiques transversales y 2 ó 3 tabiques longitudinales en las células centrales.

Figura 112. Manchas foliares causadas por *Alternaria* sp. en hoja de arracacha.

En medio de cultivo, *Alternaria* forma colonias inicialmente grisáceas que luego se vuelven marrones verdosas. En el laboratorio el hongo esporula a 18°C.

Epidemiología

El desarrollo de la enfermedad es favorecido por la presencia de neblinas en las primeras horas de la mañana, circunstancia bastante común en la sierra entre enero y marzo.

La dispersión del hongo se realiza por el viento y el movimiento de personas o animales por el campo de cultivo.

■ Antracnosis

La antracnosis es importante porque puede llegar a destruir gran parte del follaje, incluyendo los tallos. La enfermedad se ha encontrado afectando en forma generalizada sembríos de arracacha en los departamentos de Cajamarca, Huánuco, Ancash y Cusco.

Síntomas

Las hojas afectadas desarrollan lesiones circulares con el centro rosado, rodeadas de un borde de color marrón claro (Figura 113). Una misma hoja puede tener muchas lesiones que le dan un aspecto más o menos corrugado, pero a menudo las manchas confluyen y hacen que la hoja se marchite y quede colgando del tallo. En los tallos y pecíolos los síntomas son similares, aunque las lesiones son alargadas y mantienen el color rosado en el centro, rodeado de un borde rojizo. Cuando las lesiones se desarrollan en la parte baja del tallo, a la altura del cuello, las plantas mueren, sobre todo si son tiernas.

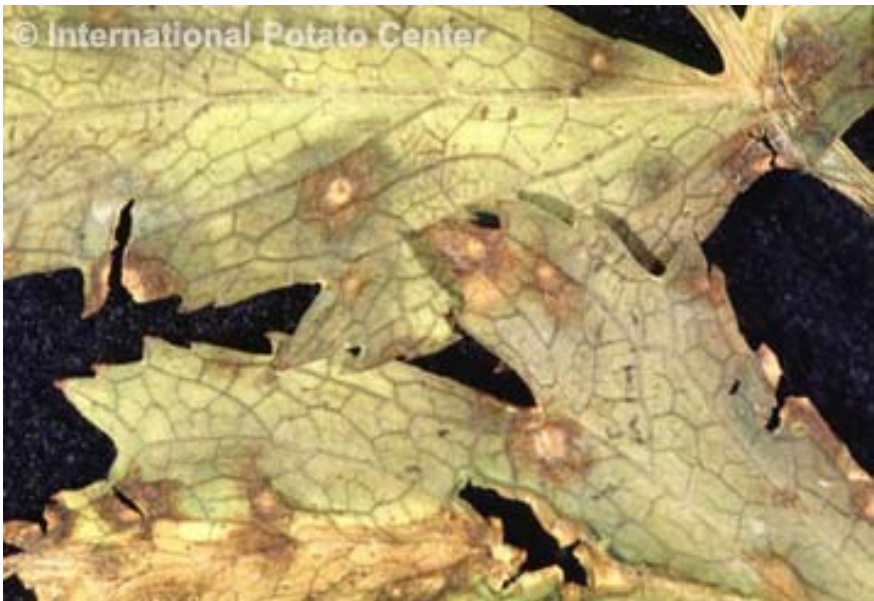


Figura 113. Manchas circulares en hojas de arracacha con antracnosis.

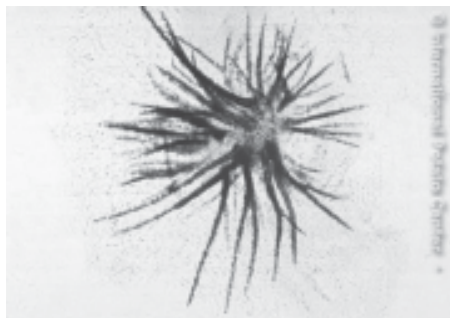


Figura 114. Acérvulo de *Colletotrichum* sp. causante de antracnosis en arracacha.

Agente causal

De las lesiones de tallos y hojas se ha aislado en el laboratorio *Colletotrichum* sp., hongo Deuteromycete que forma acérvulos provistos de setas gruesas de color casi negro, rígidas y tabicadas (Figura 114). Las conidias se concentran en una matriz mucilaginosa de color amarillento; son fusiformes, ligeramente curvadas, unicelulares e hialinas, y miden

3–6 por 15–28 μm . En medio de cultivo el hongo desarrolla un micelio hialino y tabicado y forma colonias grisáceas con el fondo ligeramente amarillo, pero no produce conidias. En la superficie de la colonia y a simple vista se pueden observar las setas o cerdas que rodean al acérvulo.

Epidemiología

El patógeno es un habitante del suelo que probablemente se mantiene en forma de micelio sobre materia orgánica. Se sabe de especies de *Colletotrichum* que viven en el suelo en forma libre, a expensas de tejido vegetal en descomposición. La diseminación de las esporas se realiza principalmente por salpicadura de lluvia. La germinación de las esporas se produce a temperaturas relativamente bajas, de 13–20°C, y la enfermedad se desarrolla en un amplio rango de temperatura. El clima que prevalece en los valles de la sierra —noches frías, días relativamente calurosos y lluvia frecuente— favorece el desarrollo y diseminación de la enfermedad.

■ Mancha Parda

Entre las enfermedades foliares la mancha parda es una de las más importantes, tanto por los daños que causa como por su distribución en el territorio peruano. También se tiene conocimiento de su presencia en Bolivia. El daño más evidente es que el follaje se seca; sin embargo, no se tienen datos sobre la incidencia de la enfermedad ni las pérdidas que ocasiona.

Síntomas

El follaje presenta los síntomas más evidentes en forma de manchas irregulares de color marrón oscuro que se inician como pequeños puntitos (Figura 115) y crecen hasta 3–4 mm de diámetro. En condiciones ambientales favorables para el patógeno, las lesiones coalescen y se forman áreas grandes de tejido necrosado de color marrón. En variedades hipersensibles, las hojas afectadas se vuelven amarillas y se secan. En los tallos y las ramillas las lesiones son de color marrón y de márgenes irregulares; varían en tamaño, desde puntitos de 1 mm hasta áreas de más



Figura 115. Síntoma de mancha parda en hoja de arracacha.

de 10 mm, al centro de las cuales se encuentran semisumergidos los picnidios.

Agente causal

En el centro de las manchas foliares y lesiones en tallos y ramillas se ha observado la presencia de grupos de picnidios de color marrón oscuro, casi negro, que miden entre 60 y 100 μm . Están provistos de un ostíolo por donde emergen conidias aciculares, rectas e hialinas, con 3–5 septas. Miden 55–70 por 1.8–2.5 μm . No se ha encontrado ningún otro tipo de estructura. Las características morfológicas del picnidio, así como de las conidias, corresponden a las descritas en la literatura para el género *Septoria* (Figura 116).

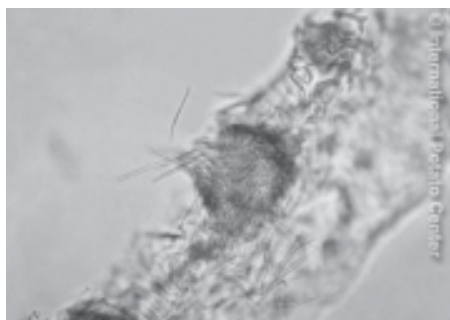


Figura 116. Sección transversal de una hoja de arracacha que muestra el picnidio de *Septoria* sp. y conidias filiformes.

Epidemiología

El hongo se mantiene de una campaña a otra en los rastrojos o en las hojas que se desprenden de plantas enfermas. La lluvia hace posible que los picnidios se hinchen y dejen en libertad las conidias para la diseminación del patógeno.

La enfermedad se presenta en cualquier época del año, pero está mucho más difundida durante la época de lluvia.

■ Carbón

El carbón se ha encontrado esporádicamente en los brotes (conocidos comúnmente como colinos) y en el tallo o corona de material que proviene de los departamentos de Cajamarca y Huánuco. Los colinos son el material de propagación y pueden perpetuar la enfermedad en un mismo campo de cultivo, así como también diseminarla si se lleva material de siembra a otros campos.



Figura 117. Tejido carbonoso en un colino de arracacha.

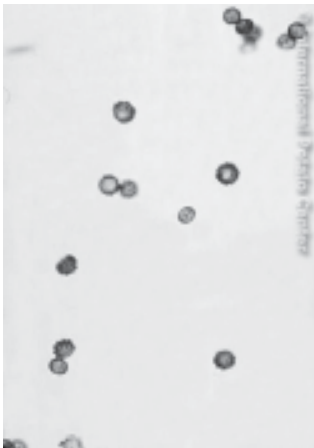


Figura 118. Teliosporas de *Tilletia* sp. causante del carbón de la arracacha.

Síntomas

El carbón afecta especialmente al tejido en crecimiento activo, en este caso los brotes y las partes tiernas del tallo. Inicialmente, la base de los brotes presenta pequeñas áreas oscuras, ligeramente prominentes, en forma de ampollas. Paulatinamente, estas áreas se convierten en agallas o bolsas carbonosas (Figura 117) llamadas soros, de 10–20 mm de diámetro, con una membrana gruesa, blanquecina o grisácea, que encierran un polvillo negro. Cuando la agalla madura, la membrana que la recubre se desintegra y su contenido es evacuado, dejando una cavidad en la zona afectada.

Agente causal

El carbón es causado por *Tilletia* sp., hongo Basidiomycete que produce clamidosporas (teliosporas) esféricas de color marrón vinoso, de pared gruesa verrucosa (Figura 118), de tamaño uniforme, con un diámetro entre 6 y 10 μ m, contenidas en una especie de bolsa que se desintegra a la madurez.

Esta enfermedad presenta características muy similares a las del carbón del maíz; todas sus estructuras están encerradas dentro de una membrana común que se rompe a la

madurez y deja en libertad un polvillo negro formado por estructuras fungosas.

Epidemiología

Las clamidosporas son los agentes de diseminación y conservación de la enfermedad. La fuente primaria de inóculo más efectiva son los brotes o colinos que provienen de plantas infectadas que se usan como material de propagación. Sin embargo, en el suelo también hay inóculo que puede iniciar infecciones después de que se han plantado brotes sanos. Los brotes muy afectados no prosperan; se secan antes de enraizar. La germinación de las clamidosporas presentes en el suelo se produce en presencia de la planta hospedante, a temperaturas entre 12 y 20°C, y la infección a temperaturas más bajas.

■ Pudrición Carbonosa

Esta enfermedad afecta principalmente las raíces aunque puede deteriorar la corona, de donde emergen los colinos y el follaje. Generalmente las plantas enfermas muestran una madurez prematura. Esta enfermedad tiene importancia económica porque inhabilita el producto comercial y reduce el material de propagación vegetativa.

Síntomas

En el campo las plantas afectadas presentan una ligera clorosis. En el producto cosechado las raíces muestran una pudrición hacia adentro, a veces sólo parcialmente, con un tipo de pudrición húmeda pero compacta de color marrón rojizo oscuro, casi vinoso, que deja en la pulpa porciones irregulares de tejido afectado (Figura 119). En estados avanzados de la enfermedad los colinos que salen lateralmente del tallo principal o corona y que se usan para la propagación también son afectados y sucumben poco después de haber sido plantados; se vuelven negros por la presencia de una gran cantidad de esclerocios en su superficie.

Agente causal

La causa de esta enfermedad es el hongo Deuteromycete *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (syn = *Sclerotium bataticola* Taub.), que produce un micelio grueso, tabicado, inicialmente hialino y luego grisáceo, con ramificaciones en ángulo recto, semejante al de

Rhizoctonia solani, y esclerocios negros, esféricos y duros que llegan a medir hasta 1 mm de diámetro en el tejido infectado. En medio de cultivo de laboratorio los esclerocios son mucho más pequeños. En otros cultivos el hongo produce también picnidios, pero no se han observado en raíces de arracacha.

Durante la patogénesis el hongo produce enzimas que degradan la pared celular.

Epidemiología

El hongo de la pudrición carbonosa es cosmopolita y polífago. Ha sido encontrado en diferentes partes del mundo afectando



Figura 119. Pudrición carbonosa en un colino de arracacha.

alrededor de 300 especies vegetales, en las que causa generalmente pudrición carbonosa de los órganos subterráneos. Sobrevive en el campo por más de un año, ya sea en forma de micelio que crece saprofiticamente en desechos orgánicos o en forma de esclerocios.

La diseminación se realiza por el agua de lluvia que se escurre y sirve de vehículo para los esclerocios que pasan de un campo de cultivo a otro. Ni la temperatura ni la humedad son factores limitantes para la enfermedad, aunque se cree que prospera mejor cuando las raíces son expuestas a los rayos directos del sol o cuando han recibido daños mecánicos como golpes y abolladuras.

■ Pudrición de Raíces en Poscosecha

Las raíces se pudren en el corto tiempo que media entre la cosecha y el consumo (2–3 días), durante el transporte y el mercadeo. La incidencia y severidad de esta pudrición dependen de los organismos involucrados, algunos de los cuales pueden deteriorar gran cantidad de sustrato en muy corto tiempo.

Síntomas

Los síntomas varían desde pudriciones localizadas que comprometen sólo una pequeña parte de la raíz hasta pudriciones generalizadas que abarcan gran parte del tejido. Entre las pudriciones generalizadas se encuentra la pudrición blanda que se inicia como pequeños puntos descoloridos y vidriosos que avanzan rápidamente, de tal manera que en muy corto tiempo destruyen completamente la raíz, convirtiéndola en una masa blanda y acuosa que despidе un olor a vinagre y atrae a los insectos.

Otro síntoma es la pudrición dura. En este caso los patógenos que invaden la raíz consumen el tejido y proliferan profusamente en la superficie. Cualquiera que sea el tipo de pudrición, la raíz pierde su valor comercial.

Agente causal

Los principales agentes que causan pudriciones de poscosecha son especies de *Rhizopus*, *Mucor* y *Fusarium*. La pudrición blanda es causada por especies de *Rhizopus* y *Mucor* que ya han sido descritas anteriormente (ver “Pudrición blanda por *Rhizopus* en Ulluco”). En cambio, la pudrición seca es causada por especies de *Fusarium* que invaden las raíces

masivamente (Figura 120). Este hongo produce inicialmente una gran cantidad de micelio y conidias. Luego la raíz pierde su textura, se pone dura y se resquebraja.

Erwinia chrysanthemi también causa pudrición de poscosecha, pero en este caso la desintegración de la raíz es muy rápida y generalmente es consecuencia de la infección en el campo.



Figura 120. Pudrición de raíz de arracacha causada por *Fusarium oxysporum*.

Epidemiología

Las especies de *Fusarium* son habitantes naturales del suelo; sobreviven como saprófitos en desechos vegetales y encuentran un hábitat perfecto en el producto cosechado, sobre todo si ha sufrido lesiones. Lo mismo ocurre con las especies de *Rhizopus* y *Mucor*. La composición de la raíz de arracacha, rica en azúcar y almidón, es un medio excepcional para estos hongos, que además no son exigentes en temperatura.

■ Pudrición Negra

Esta enfermedad ha sido identificada en material propagativo (colinos) procedente del departamento de Cajamarca. No es una enfermedad muy común pero podría tener implicaciones cuarentenarias.

Síntomas

Los síntomas se han observado sólo en la base del tallo y en los colinos, los cuales son afectados total o parcialmente. Internamente la pulpa se oscurece y toma una consistencia dura y húmeda. En estados avanzados se observan unas pequeñas concrecencias formadas por tejido fungoso (micelio, estroma y esporas), que emerge a través de la epidermis en forma de cojines de color gris negruzco y un polvillo de color negro.

Agente causal

Lasiodiplodia theobromae (Pat.) Griff. & Maubnl. (syn. = *Botryodiplodia theobromae* Pat.) presenta las mismas características que las descritas para oca (ver página 86).

■ Pudrición Bacteriana Blanda—Pierna Negra

Esta enfermedad se observa en el campo, pero su efecto es mucho más serio después de que se han cosechado las raíces. Las plantas afectadas se marchitan como consecuencia de la pudrición de los tallos a la altura del cuello y las raíces se deterioran completamente y se convierten en una masa blanda de tejido descompuesto. La enfermedad tiene efecto tanto en el rendimiento como en la capacidad de almacenamiento del producto.

Síntomas

Las plantas afectadas en el campo muestran inicialmente amarillamiento y luego se marchitan. Al ser extraídas del suelo, generalmente se observa en la base de los tallos una zona negra y húmeda que progresa hacia arriba, cuando la temperatura y la humedad son relativamente altas. En estas condiciones se observa claramente el síntoma de pierna negra, que se caracteriza precisamente por una coloración negra a la altura del cuello (Figura 121). El síntoma en las raíces se inicia como pequeñas zonas hundidas que se agrandan con rapidez. El tejido comprometido se oscurece y se ablanda, pierde su estructura debido a la maceración del parénquima y se separa fácilmente de la parte de la raíz que todavía no está afectada (Figura 122). La epidermis se torna muy frágil y se desprende al tacto. Las raíces podridas despiden un olor desagradable.

Agente causal

Estudios etiológicos de la enfermedad demuestran que es causada por *Erwinia chrysanthemi* Burk. McFaden & Dimock, bacteria Gram negativa, anaeróbica facultativa, provista de flagelos peritricos. La bacteria produce enzimas pectinolíticas y forma colonias blanquecinas y aplanadas, con borde sinuoso. A 36°C produce ácido a partir de la maltosa, y alfa-metil-glucósido y sustancias reductoras a partir de la sacarosa.



Figura 121. Pierna negra en una planta de arracacha. Prueba de patogenicidad.

Epidemiología

Las bacterias se encuentran en el suelo, desde donde invaden las raíces. La forma de propagación

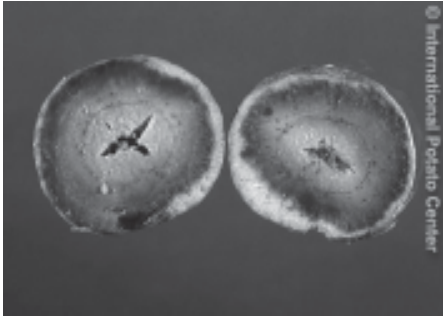


Figura 122. Corte transversal de una raíz de arracacha con pudrición bacteriana causada por *Erwinia chrysanthemi*.

de la arracacha facilita la infección, porque al separarse de la raíz principal los colinos que van a servir como semilla vegetativa, se producen lesiones o heridas por las cuales penetran las bacterias con facilidad. La infección de las raíces también se produce debido al avance de la pudrición desde los tallos infectados.

Las bacterias se diseminan por el agua de riego y por la semilla

que puede tener infección latente, sobre todo si proviene de campos infestados. La humedad del suelo, temperaturas de más de 21°C y el pH alcalino facilitan la patogénesis y la supervivencia de la bacteria en el suelo en materia orgánica o parasitando malezas hospedantes.

Achira

(*Canna edulis* Ker-Gawler) Cannaceae



La achira comestible es una planta de hojas anchas y raíces (rizomas) grandes, ricas en almidón. El sabor es más o menos neutro, como para combinarla con cualquier tipo de potaje.

En algunas localidades serranas se usan las hojas para envolver alimentos, especialmente la carne cuando va a ser asada en las pachamancas (hoyos en la tierra). Las hojas también se usan para envolver tamales y los brotes tiernos para ensaladas. Tanto el follaje como los rizomas se emplean como alimento de animales domésticos.

En este cultivo hasta ahora sólo se han detectado enfermedades foliares que posiblemente tengan efecto sobre el rendimiento, pero no se descarta la presencia de patógenos que puedan afectar a la parte subterránea.

■ Manchas Foliare

Hasta ahora sólo se han encontrado manchas foliares en muestras procedentes de los departamentos de Ayacucho, Junín y Huánuco. Aparentemente estas enfermedades no causan daños mayores porque, como ocurre en otras especies vegetales, la planta de achira tiene más follaje del que necesita.

Síntomas

Es fácil diferenciar tres clases de síntomas según el agente causal involucrado. La mancha producida por *Drechslera* (Figura 123) se inicia en los bordes de la hoja y avanza hacia el centro de la lámina foliar. Está delimitada por las nervaduras, de tal manera que la hoja afectada, además de la necrosis de los bordes, presenta bandas necróticas en el centro de la hoja. Estas bandas sólo avanzan hasta la nervadura central. En realidad la enfermedad se inicia con un ligero aclaramiento de los bordes, luego el tejido se vuelve pajizo. Una mancha tiene el centro de color castaño claro y el borde de color marrón oscuro. Las hojas afectadas se parten como

flecos con el viento porque el tejido necrótico es de consistencia quebradiza.



© International Potato Center

Las manchas causadas por *Phoma* son redondas, con el centro de color pajizo y el borde marrón; individualmente llegan a medir hasta 10 mm de diámetro, pero generalmente confluyen y comprometen una gran porción de la hoja (Figura 124). Se inician como pequeños puntos de color marrón rojizo y, a medida que crecen, dejan al centro pajizo; en manchas maduras se observa una gran cantidad de picnidios del agente causal.

Un tercer tipo de mancha foliar es causado por *Alternaria* y consiste en lesiones grandes

Figura 123. Hoja de achira con lesiones causadas por *Drechslera bicolor*.

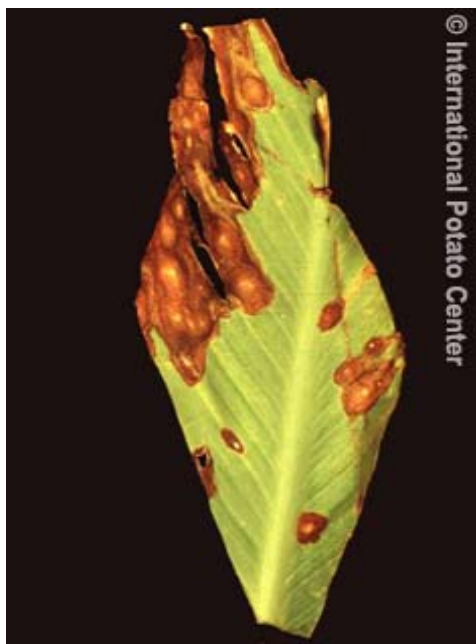


Figura 124. Mancha foliar en achira causada por *Phoma* sp.

que individualmente abarcan porciones extensas de la hoja (se han encontrado manchas de hasta 50 mm de diámetro). Las manchas se inician en cualquier parte de la lámina foliar como pequeñas puntuaciones descoloridas; a medida que crecen, la zona central presenta un color marrón claro, rodeada de una porción de tejido más oscuro. En algunos casos el tejido que circunda la mancha se vuelve ligeramente clorótico (Figura 125). Las hojas afectadas generalmente se secan.

Agentes causales

Drechslera bicolor (Mitra)

Subram & Jain (syn =
Helminthosporium bicolor

Mitra) es un hongo Deuteromycete de conidióforos erectos o flexuosos que terminan en un ensanchamiento que sirve de base a la conidia en formación. La porción apical del conidióforo presenta sinuosidades a manera de escalones, en cada uno de los cuales se observa la cicatriz que corresponde al punto de inserción de una conidia (Figura 126).

Las conidias son casi cilíndricas, de color marrón oliváceo, tabicadas por medio de pseudoseptas; generalmente la célula apical es redondeada, más clara que el resto o hialina. La célula basal también es más clara y presenta la cicatriz de inserción con el conidióforo. Las conidias miden entre 60 x 10 µm y 130 x 20 µm.

Phoma sp. forma picnidios globosos de apariencia carbonosa, con un ostíolo circular muy evidente; miden entre 55 y 184 µm de diámetro y contienen numerosas conidias hialinas y oblongas, algunas con uno o dos cuerpos refringentes. Las conidias miden de 3.6–7.2 por 2.4–3.6 µm.

Alternaria sp. en achira tiene caracteres morfológicos comunes con *Alternaria alternata* (Fries) Keissler. Las conidias son de color marrón claro a verdoso y se encuentran en cadenas de 3–4 unidades; tienen generalmente el doble de largo que de ancho. Algunas están provistas de

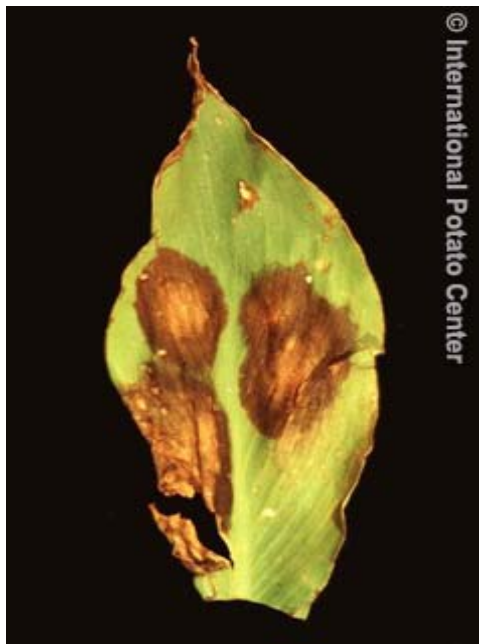


Figura 125. Mancha foliar de la achira causada por *Alternaria alternata*.



Figura 126. Conidióforo y conidias de *Drechslera bicolor*.

un pico corto, mientras que otras carecen totalmente de pico; en este último caso la conidia es muriforme con septas longitudinales y transversales. Las conidias provistas de pico son de mayor tamaño; algunas sólo tienen septas transversales, mientras que otras tienen septas transversales y longitudinales, especialmente en las células centrales (Figura 127).

Epidemiología

Todos estos hongos requieren una temperatura mediana y alta humedad. Las conidias requieren humedad para germinar y una película de agua libre para que el tubo germinativo se desplace sobre el hospedante y no se seque antes de ingresar. La dispersión se realiza por el viento y por salpicadura de lluvia.



Figura 127. Conidias de *Alternaria alternata*.



Yacón

(*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher) Asteraceae

El yacón es una planta distribuida a lo largo de la cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta el norte de Argentina, a altitudes que van desde pocos metros sobre el nivel del mar hasta más de 3000 m. Aunque no está muy difundido y en algunos lugares es desconocido, el yacón posee cualidades que ameritan su cultivo.

La planta tiene raíces comestibles grandes, carnosas y de sabor dulce que generalmente se consumen crudas, directamente o en ensaladas, pero que aún cocidas mantienen su sabor. Debido a que el cultivo no es muy conocido y por lo tanto poco difundido, son todavía pocas las enfermedades que presenta.

El estudio de las enfermedades que se describen a continuación se basa en muestras que proceden de los departamentos de Ayacucho y Lima. No se descarta que otras enfermedades ataquen a este cultivo.

■ Alternariosis

Esta enfermedad es muy común y afecta exclusivamente al follaje, al que puede destruir casi totalmente.

Síntomas

La enfermedad generalmente se inicia en los bordes de las hojas y avanza progresivamente hacia el centro. El tejido afectado se necrosa, se seca y se desprende de la parte sana de la hoja por efecto del viento (Figura 128).

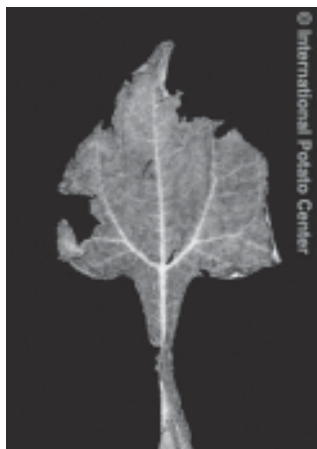


Figura 128. Hoja de yacón con daño causado por *Alternaria* sp.

Agente causal

Varias especies de *Alternaria* causan la enfermedad en yacón, incluyendo *Alternaria alternata* (Fries) Keissler, la cual ya ha sido descrita para otros cultivos (ver página 129).

Epidemiología

Especies de *Alternaria* se desarrollan bien en climas de temperatura mediana y neblina densa, condiciones que se dan durante la época de cultivo en la zona andina.

■ Moho Blanco

El moho blanco o esclerotiniosis es una enfermedad seria en yacón porque mata la planta en cualquier estado de desarrollo.

Síntomas

La muestra más evidente de la enfermedad es la presencia de lesiones acuosas de color gris en la base del tallo. Generalmente estas lesiones están recubiertas de una mata de micelio algodonoso y blanco, a partir del cual se forman los esclerocios o estructuras de conservación, de forma lenticular y de consistencia dura y color negro.

En yacón ocurre que todo el tejido parenquimático y cortical es destruido por las enzimas que produce el agente causal y sólo queda el tejido vascular en forma de cuerdas o hilos (Figura 129), pero la planta muere porque se dobla por la falta de sostén adecuado. La muerte es tan súbita que rara vez se ve un amarillamiento previo del follaje.



Figura 129. Tallos de yacón afectados por *Sclerotinia sclerotiorum*.

Agente causal

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary (syn = *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Dorf. & Dumont) ya se ha descrito afectando otros cultivos (ver página 93).

Epidemiología

En este caso, debido a la succulencia del tejido en la base del tallo de la planta de yacón, el hongo se desarrolla copiosamente cuando hay suficiente humedad en el suelo. Cuando la planta sucumbe, el patógeno sigue desarrollándose hasta que el sustrato se consume, para luego convertirse en esclerocios que mantienen la enfermedad indefinidamente.

No se sabe si existe especialización, pero se considera a *S. sclerotiorum* un parásito facultativo polífago que se transmite de una campaña a otra, generalmente por los esclerocios que se mantienen en el suelo, aunque las ascosporas juegan un papel importante en la diseminación dentro de una misma campaña.

Consideraciones Generales sobre el Manejo de las Enfermedades en Cultivos de Raíces y Tubérculos Andinos

Para controlar las enfermedades, es indispensable conocer la naturaleza e identidad del patógeno que las causa, así como su distribución e incidencia y las condiciones bajo las cuales se desarrollan. Bien dice el dicho popular: «Si quieres vencer a tu enemigo, dedícate a conocer sus costumbres antes de atacarlo». Los hongos patógenos tienen un comportamiento definido según la especie y ciertas características que es necesario conocer para controlarlos o para atenuar sus efectos.

No todos los patógenos tienen los mismos requerimientos en cuanto a nutrición o a condiciones del medio ambiente y, sobre todo, hay diferencias en su grado de especialización y en su forma de supervivencia. El conocimiento de estos aspectos puede orientar y definir la metodología a seguir para detener el desarrollo de los patógenos o reducir los daños que ocasionan. Aunque es difícil luchar contra la naturaleza, se pueden tomar medidas que permitan neutralizar, reducir o contrarrestar ciertos efectos.

Cuando se trata de control, los términos comúnmente empleados son: evasión, prevención, exclusión, erradicación, protección y muchos otros más, con la intención de ordenar todo aquello que pudiera contribuir a la reducción de los daños que causan las enfermedades. En realidad muchos de los conceptos que encierran estos términos son simples hechos de sentido común que, en combinación equilibrada, dan magníficos resultados y constituyen parte de lo que hoy se conoce como control integrado.

En las zonas altas de la cordillera andina, donde las condiciones agrícolas son hasta cierto punto precarias, no se puede pensar en términos sofisticados de control y hay que usar los recursos disponibles y aplicables. Lo más recomendable es emplear los métodos tradicionales cuya finalidad concreta es favorecer a la planta y desfavorecer al patógeno. Estos son métodos que se pueden emplear, en la mayoría de los casos, sin ninguna inversión adicional y pueden ser practicados por los habitantes del campo. Son además métodos ecológicos que no alteran el medio ambiente.

■ Semilla sana

Una semilla sana proviene de plantas sanas; no lleva consigo, ni dentro ni fuera, gérmenes transmisibles. Además, debe estar en buen estado de conservación y no haber perdido su poder germinativo o propagativo. El empleo de semilla sana es uno de los factores más importantes para obtener cultivos sanos y buenos rendimientos.

Hay que tener en cuenta que en el caso de las raíces y tubérculos andinos, la semilla puede ser sexual o asexual. La semilla sexual, llamada también semilla botánica o verdadera, es la que proviene de la fecundación. Varias especies de hongos se transmiten por este tipo de semilla en otros cultivos, por lo que no es extraño que ocurra lo mismo en los cultivos andinos. Se sabe que especies de *Ascochyta*, *Colletotrichum*, *Fusarium* y otras se transmiten por semilla sexual, frecuente y eficientemente, en otros cultivos. El hongo puede ir en forma de micelio dentro de la semilla o exteriormente en forma de conidias, clamidosporas, esclerocios, etc. De esta manera, las enfermedades inician su ciclo muy temprano en la campaña.

La semilla asexual, llamada también vegetativa o agámica, está constituida, en el caso que nos ocupa, principalmente por tubérculos y raíces reservantes. Estos no deberán presentar lesión alguna ni en el tubérculo o raíz ni en los brotes. Los hongos que habitualmente se transmiten por la semilla agámica son *Phoma* spp., *Urocystis* sp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium* spp., entre otros, y las bacterias del género *Erwinia*.

Generalmente los órganos propagativos llevan consigo lo que se conoce como infección latente, que no es otra cosa que la presencia del patógeno en estado de inactividad y dispuesto a iniciar la infección tan pronto como se presenten las condiciones apropiadas.

■ Rotación

La rotación es una práctica agrícola que consiste en cambiar de cultivo de una campaña a otra. Con ello se consigue que el suelo recupere sus propiedades físicas y sea más productivo. Además, la rotación tiene una marcada importancia en el aspecto sanitario del cultivo y se recomienda especialmente para enfermedades causadas por patógenos que habitan el suelo. Mientras hay plantas en crecimiento, los patógenos las parasitan; en ausencia de un cultivo permanecen en el suelo, como micelio saprofítico o como estructuras de conservación, tales como clamidosporas, esclerocios, etc.

La rotación tiene por objeto privar al patógeno de su alimento preferido. Si bien con este método no se logra la erradicación, se puede reducir considerablemente el inóculo inicial y por lo tanto la incidencia de enfermedades. Un gran número de hongos viven en el suelo y son patógenos de las plantas cultivadas. Los más comunes son *Rhizoctonia solani*, *Thielaviopsis basicola*, especies de *Verticillium*, *Fusarium*, *Pythium* y otros, pero todos ellos tienen como denominador común el debilitamiento de la planta y, en determinados casos, su muerte. Son los responsables de las enfermedades radiculares, marchitez por bloqueo o por destrucción del sistema vascular y pudriciones.

■ Saneamiento

Esto significa mantener el campo en condiciones sanitarias óptimas, lo cual incluye (1) tener el campo libre de rastrojos para evitar que los patógenos pasen de su fase saprofítica de conservación a su fase activa o parasítica, y (2) mantener el campo libre de plantas espontáneas y malezas, porque en algunas de éstas se mantiene activo el inóculo y porque además constituyen la fuente primaria de inóculo o reservorio para la infección de cultivos nuevos.

■ Barbecho

En la agricultura altoandina, que es generalmente de autoconsumo, es común dejar de sembrar los campos de cultivo durante períodos de tres a cuatro años. Esta es una práctica cultural importante porque mejora las

condiciones físicas del suelo, haciéndolo más poroso. Es importante también porque detiene el incremento de inóculo en el suelo y hace que el inóculo se reduzca y en algunos casos se extinga, sobre todo cuando se trata de patógenos que tienen preferencias específicas y cuya capacidad de supervivencia en el suelo es limitada.

El barbecho también podría estar dentro del concepto de limpieza. Si después de un período de descanso se voltea el suelo, se destruyen las malezas, al mismo tiempo que se exponen las partes más profundas del suelo a la intemperie, lo cual permite destruir tanto el micelio como las estructuras de conservación de los hongos que viven en el suelo. Por este método también es posible destruir larvas, huevos y nematodos adultos, así como células bacterianas. Esto contribuye a disminuir el potencial y la fuente primaria de inóculo en el suelo.

Es necesario dar énfasis a la importancia que tiene la fuente primaria de inóculo, porque a partir de ésta se inicia la enfermedad. Cuanto menor sea el inóculo inicial procedente de una fuente primaria, mayor será el tiempo necesario para la aparición de las epidemias. Como se puede entender, tanto la limpieza del campo como el barbecho tienen una importancia fundamental en este sentido.

■ Escape

El escape consiste en evitar que coincidan en el tiempo condiciones que favorezcan al patógeno y desfavorezcan a la planta. Por ejemplo, se ha comprobado que las heladas causan daño tanto a las plantas como a los tubérculos. El enfriamiento es tal que se produce la muerte de las células por congelamiento, especialmente en las noches, desde finales de mayo hasta julio. Los mayores daños se observan en los tubérculos que no han sido convenientemente aporcados y en los que se dejaron en el campo sin protección después de la cosecha.

En los casos en que el producto cosechado se conserva fuera de un lugar protegido, como al costado de una pared exterior (lo que es muy común), si no se cubren los montones con una buena capa de paja, corren el mismo peligro que estando a la intemperie. Por eso es conveniente adelantar la cosecha, de tal manera que se realice antes del período crítico de heladas y que el producto cosechado se conserve protegido. Además, adelantando la cosecha se ha observado que se disminuye el daño causado por el gorgojo de la oca. El tejido dañado por el gorgojo es

fácilmente invadido por hongos de los géneros *Mucor* y *Rhizopus* o bacterias como *Erwinia*.

■ Selección de variedades resistentes y variedades precoces

Las variedades reaccionan en forma diferente frente a un patógeno determinado. El conocimiento de estas diferencias serviría para elegir aquellas variedades que tengan características de resistencia para los patógenos prevalentes en una determinada zona. Además, se han encontrado diferencias en cuanto a la flora patogénica en las distintas zonas de la cordillera de los Andes donde se han realizado los muestreos.

Una variedad resistente es aquella cuyas características no son las más apropiadas para que el patógeno pueda colonizarla, mientras que con una variedad susceptible ocurre lo contrario. La selección de variedades resistentes es uno de los métodos de control ecológico más convenientes y baratos.

■ Manejo del producto cosechado

Después de la cosecha, los tubérculos y raíces reservantes son recogidos y amontonados a un costado del campo de cultivo. En esta etapa se seleccionan los tubérculos que se van a conservar para semilla, los que se van a comercializar de inmediato y los que se van a mantener para comercializarlos o consumirlos posteriormente. El producto debe estar completamente sano, sin muestras de daños o presencia de enfermedades, porque las pequeñas pudriciones que se inician en el campo pueden terminar con el producto una vez almacenado.

El producto cosechado debe ser levantado del campo y guardado sin pérdida de tiempo para evitar infecciones, especialmente con organismos causantes de pudrición blanda. Los hongos de los géneros *Rhizopus* y *Mucor* pueden contaminar los montones; lo mismo sucede con especies de *Penicillium* y *Cladosporium*.

La conservación del producto en lugares que no son visitados por insectos o por roedores es también importante, porque éstos son muy eficientes en la diseminación de las enfermedades en el almacén.

El medio ambiente tiene influencia en la conservación del producto cosechado, especialmente la temperatura y la humedad relativa. Las temperaturas altas, que superan los 22°C, son ideales para el desarrollo de hongos y bacterias que causan pudriciones.

La temperatura y la humedad relativa pueden variar en relación con el volumen de la ruma de almacenamiento; por eso es recomendable guardar el producto lo más extendido posible o en rumas no muy altas, para que no haya un aumento de temperatura y para que la humedad, producto de la respiración del material cosechado, se disipe convenientemente.

Para poner en práctica cualquier medida, es necesario conocer la identidad del patógeno prevalente en la zona, porque distintos patógenos tienen diferentes requerimientos. Por ejemplo, condiciones muy secas favorecen el desarrollo de *Phoma*, pero retardan la pudrición causada por *Pythium*.

■ Cuarentena

La cuarentena sirve para evitar el ingreso de enfermedades en zonas libres de ellas. Muchas de las mayores catástrofes agrícolas en el mundo fueron causadas por la movilización indiscriminada de material vegetal, sin tener en cuenta el peligro que esto representa.

Tubérculos, raíces, cormos, colinos, etc., que se usan como semilla vegetativa pueden llevar consigo esporas o estructuras que dan inicio a nuevas infecciones, sobre todo de enfermedades que no se presentan en la zona. La semilla botánica contaminada es una de las formas más fáciles de transportar agentes patógenos de un lugar a otro.

El entusiasmo generado en los últimos años para ampliar el área de cultivo de algunas raíces y tubérculos andinos ha aumentado la demanda y la movilización de semilla y de material propagativo dentro del Perú, sin tener en cuenta la sanidad. Es necesario tomar conciencia al respecto y evitar llevar de un lugar a otro material sospechoso de contaminación, sobre todo de lugares con problemas de fitopatógenos.

Si bien es importante restringir el movimiento de material dentro del territorio nacional, es aún más importante evitar el ingreso de material proveniente de los países vecinos, porque podrían introducirse patógenos nuevos o razas más virulentas de los organismos existentes. Normas

legales regulan el internamiento de material vegetal de otros países, mediante las cuales todo material que ingresa en el territorio debe ir acompañado de un certificado de sanidad del país de origen y debe pasar por una inspección y un período de observación por un tiempo determinado y con personal especializado.

■ Evaluación de las enfermedades

El daño que causan las enfermedades generalmente se traduce en pérdidas, cuyo monto es necesario conocer para determinar su importancia económica.

Las enfermedades fungosas en su mayoría producen daños que consisten en la destrucción total o parcial del follaje o del sistema radicular y de los órganos subterráneos. Causan también alteraciones en el sistema vascular y reproductor.

Las enfermedades en el follaje tienen efecto sobre la producción porque al reducirse el área foliar, es menor el trabajo de absorción de energía necesaria para la fotosíntesis. Las enfermedades que afectan a la parte aérea de la planta se presentan como manchas foliares y lesiones en el tallo y cuello de la planta. Cuando éstas se inician en estadios tempranos, sin duda tienen un mayor efecto sobre el rendimiento que aquéllas que afectan a las plantas en proceso de maduración.

Para evaluar las enfermedades foliares, es necesario tener en cuenta su incidencia y severidad, entendiéndose por incidencia el número de plantas u hojas por planta afectada. La severidad, conocida también como fuerza de ataque, se refiere a la intensidad con la cual la planta ha sido afectada y se mide en términos de volumen de tejido comprometido. Por ejemplo, en el caso de enfermedades foliares se usa generalmente una escala de 1 a 9, donde 1 equivale a ausencia de manchas y 9 es cuando hasta el 100 % del tejido de la hoja está comprometido por la(s) mancha(s).

Las enfermedades que afectan al sistema radicular tienen características más graves. Las raíces se pudren o simplemente se secan, cesando en sus funciones de absorción, de tal manera que la planta se queda pequeña o se marchita, según la intensidad del ataque. Igual sucede con las enfermedades vasculares, sea que éstas actúen por obstrucción o por destrucción de los vasos. El líquido absorbido por las raíces no llega a la parte aérea; por lo tanto, las plantas se marchitan y mueren. En este caso

la incidencia y la severidad tienen un mismo sentido porque al evaluar habrá que referirse al número de plantas muertas.

En órganos subterráneos tales como raíces reservantes y tubérculos, la incidencia viene a ser el número de entidades afectadas y la severidad se refiere al volumen de tejido comprometido.

Cuando se evalúa la incidencia de enfermedades del producto en el almacén, generalmente se escogen todos los tubérculos o raíces que presentan síntomas, lo que se refiere como porcentaje del producto almacenado afectado. La severidad se refiere al volumen del tejido descompuesto o en proceso de descomposición. En raíces y tubérculos andinos, especialmente aquéllos que no se almacenan deshidratados, el tiempo de almacenamiento influye en la severidad debido al incremento del inóculo *in situ*.

En general para las raíces y tubérculos andinos, no se han hecho estudios sobre el impacto económico de las enfermedades fungosas o de aspectos agronómicos que influyan en la incidencia y severidad de las enfermedades como en otros cultivos.

Literatura Consultada

- Adeniji, M.O. 1970. Fungi associated with storage decay of yams in Nigeria. *Phytopathology* 60:590-592.
- Alandia, S. 1967. Enfermedades de la oca. *Sayaña (Bolivia)* 5(2):20-24.
- Barrantes, F.N. 1992. Más enfermedades en cultivos andinos. *Univ. Nac. San Cristóbal de Huamanga*. p. 98-123.
- Bazán de Segura, C. 1965. Enfermedades de los cultivos tropicales y subtropicales. Editora José Segura (Perú). 439 p.
- Boerema, G.H. y L.H. Höweler. 1967. *Phoma exigua* Desm. and its varieties. *Personia* 5:15-28.
- Boerema, G.H. 1976. The *Phoma* species studied in culture by Dr. W.G. Dennis. *Trans. Br. Micol. Soc.* 67:289-319.
- Boesenwinkel, H.J. 1980. The morphology of the imperfect states of powdery mildews (Erysiphacea). *Bot. Rev.* 46:167-224.
- Carmichael, J.W., W. Bryce Kendrick, I.L. Connors y L. Sigler. 1980. Genera of Hyphomycetes. The University of Alberta Press. 386 p.
- Domsch, K.H. y W. Gams. 1972. Fungi in agricultural soils. Halsted Press Division. John Wiley & Sons, Inc., New York. 290 p.
- dos Santos, F.F., J.V. Viera, A.S. Pereira, C.A. Lopes y J.M. Charchar. 1991. Cultivo da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). Instruções Técnicas do CNP Hortaliças 10, EMBRAPA, Brasil. 6 p.
- Echegaray, J. y T. Ames. 1997. *Rhizopus* spp. causantes de pudrición blanda en tubérculos andinos. *Fitopatología* 32(1):15.
- Ellis, M.B. 1971. Dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Surrey, Reino Unido. 608 p.

- Ellis, M.B. 1976. More dematiaceous Hyphomycetes. Commonwealth Mycological Institute, Surrey, Reino Unido. 507 p.
- Ellis, M.B. y P. Holliday. 1972. *Cladosporium cucumerinum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 348. 2 p.
- FAO. 1990. Guía para el manejo de plagas en cultivos andinos subexplotados. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Santiago, Chile. 115 p.
- French, E.R. y T.T. Hebert. 1980. Métodos de investigación fitopatológica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, San José, Costa Rica. 289 p.
- Gutarra, L., T. Icochea y E.R. French. 1995. Etiología de pudriciones bacterianas de tubérculos de ulluco (*Ullucus tuberosus* Caldas). Fitopatología 30(2):92-95.
- Hanlin, R.T. 1990. Illustrated genera of Ascomycetes. APS Press, St. Paul, Minnesota, EE.UU. 263 p.
- Holliday, P. y E. Punithalingam. 1970. *Macrophomina phaseolina*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 275. 2 p.
- Hawksworth, D.L. y P.W. Talboys. 1970. *Verticillium dahliae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 256. 2 p.
- Icochea, T., H. Torres, W. Pérez y P. Aley. 1994. Enfermedades fungosas de cultivos andinos en el Perú. Fitopatología 29(1):44.
- Icochea, T., H. Torres y W. Pérez. 1994. Tizón velloso de la maca (*Lepidium meyenii* Walpers): Síntomas e identificación del agente causal. Fitopatología 29(2):156-159.
- Icochea, T., H. Torres y W. Pérez. 1995. First report of black rot of *Oxalis tuberosa* tubers caused by *Lasiodiplodia theobromae*. Plant Disease 79:45.
- Kay, D.E. 1973. Rootcrops. Tropical Development and Research Institute. Crop and Product Digest N° 2. 2nd Ed. Reino Unido. 388 p.
- Kays, S.J. y J.C. Silva Días. 1995. Common names of commercially cultivated vegetables of the world in 15 languages. Econ. Bot. 49:115-152.
- Kohn, L.M. 1979. A monographic revision of the genus *Sclerotinia*. Mycotaxon 9:365-444.
- Kozakiewicz, S. 1992. *Penicillium oxalicum*. IMI Descriptions of Fungi and Bacteria N° 1107. 2 p.
- Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 408 p.
- Mordue, J.E.M. 1988. *Urocystis brassicae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 967. 2 p.

- Mordue, J.E.M. 1969. *Thanatephorus cucumeris*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 406. 2 p.
- Mujerki, K.G. 1968. *Leveillula taurica*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 182. 2 p.
- National Research Council. 1989. Lost crops of the Incas: Little known plants of the Andes with promise for worldwide cultivation. National Academy Press, Washington, D.C. 415 p.
- Nelson, P.E., T.A. Toussoun y W.F.O. Marasas. 1983. *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London. 193 p.
- Newhook, F.J., G.M. Waterhouse y D.J. Stamps. 1978. Tabular key to species of *Phytophthora* de Bary. Commonwealth Mycological Institute: Mycological Paper N° 143. Surrey, Reino Unido. 47 p.
- Plaats-Niterink, A.J. van der. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. Studies in Mycology N° 21. 242 p.
- Purdy, L.H. 1979. *Sclerotinia sclerotiorum*: History and symptomatology, host range, geographic distribution, and impact. Phytopathology 69:875-880.
- Purnell, T.J. y A. Sivanesan. 1970. *Erysiphe cruciferarum*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 251. 2 p.
- Romeiro, R.S., R.M. Souza, J.J. Muchovej y O. Komura. 1988. Softrot of Peruvian carrot due to *Erwinia carotovora* in Brazil. Plant Pathol. 37:300-302.
- Schipper, M.A.A. 1978. On certain species of *Mucor* with a key to all accepted species. Studies in Mycology N° 17:1-52.
- Schipper, M.A.A. 1984. A revision of the genus *Rhizopus*. I. The *Rhizopus stolonifer* group and *Rhizopus oryzae*. Studies in Mycology N° 17:1-19.
- Smith, H.C. 1965. The morphology of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahliae* and *V. tricorpus*, N.Z.J. Agric. Res. 8:450-478.
- Smith, W.L. Jr., H.E. Moline y K.S. Johnson. 1979. Studies with *Mucor* species causing post-harvest decay of fresh produce. Phytopathology 69:865-869.
- Subramanian, C.V. 1968. *Thielaviopsis basicola*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria N° 170. 2 p.
- Willems, H.J. y J.A. Wong. 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum*, and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. Bot. Rev. 46:101-165.

Indice

acérvulo, 132
Acroconidiella tropaeoli, 91
aecia, 25, 26
Aecidium, 24
 cantensis, 25
 ulluci, 24
aeciosporas, 25
achira, 145
aerosoles, 8
Alternaria, 15, 21, 129, 146, 152
 alternata, 15, 147, 148f, 152
 longipes, 15
 solani, 15
alternariosis, 129, 152
Angiosorus solani, 114
anteridio, 6, 32
anterozoide, 6
antracnosis, 131
Apiaceae, 125
apotecio, 93
arracacha, 125
Arracacia xanthorriza, 125
ascas, 22, 93, 113
Ascochyta, 20, 156
A. pinodes, 99, 100f, 101f
Ascomycete, 21, 47, 93, 110, 112, 127
ascosporas, 6, 22, 93, 113
Asteraceae, 151

Basellaceae, 13
basidias, 40, 65f, 117

- basidiosporas, 40
- Basidiomycete, 40, 73, 135
- Botinus minor*, 45
- Botryodiplodia theobromae*, 86, 141
- Botrytis cinerea*, 28, 78
- Brassicaceae, 105

- cancro, 119
- Canna edulis*, 145
- Cannaceae, 145
- carbón, 72, 114
- Cladosporium*, 17, 18, 84, 159
- C. herbarum*, 18
- clamidospora, 6, 45, 49, 115, 135
- colinos, 135
- Colletotrichum*, 132, 156
- conductividad eléctrica, 8
- Cylindrosporium*, 102, 103f
- Chalara elegans*, 49

- Demathophora* sp., 46, 47f, 70
- Deuteromycete, 28, 37, 47, 49, 59, 91, 99, 132, 137, 147
- Drechslera bicolor*, 146, 146f, 148f

- endoconidias, 49
- endoconidióforo, 49
- Erwinia*, 54, 102, 123, 156, 159
 - carotovora* subsp. *carotovora*, 54, 55f
 - chrysanthemi*, 139, 142, 143f
- Erisiphales, 110, 127
- Erysiphe cruciferarum*, 110
- esclerocio, 6, 64, 93, 112, 117
- esclerotiniosis, 153
- esterigmas, 108
- estroma, 141

- fíbulas, 40
- Fusarium*, 37, 45, 55, 79, 139, 156
 - graminum*, 45, 122, 123f
 - oxysporum*, 44, 45, 79, 80f, 139f
 - roseum*, 45, 45f, 79, 81

- gallinaza, 48
- gangrena, 35
- gotera, 30, 31f, 32f

- haustorios, 127
- Helminthosporium bicolor*, 147
- Heterosporium tropaeoli*, 91
- himenio, 40
- hipocótilo, 105, 107
- Hypochnus*, 39, 40

- lanosa, 46, 70
- Lasiodiplodia theobromae*, 85f, 86, 141
- Lepidium meyenii*, 105
- Leveillula taurica*, 127

- maca, 105
- macroconidias, 45
- Macrophomina phaseolina*, 137
- mancha anillada, 14
- mancha oval, 19
- mancha parda, 133
- mancha zonada, 21
- mashua, 89
- microconidias, 45
- mildiu, 9, 107
- moho blanco, 92, 153
- monofiálides, 45
- Mucor*, 75, 102, 123, 139, 159
 - piriformis*, 75, 76f, 102f, 122
 - racemosus*, 122
- mucorales, 75

- nematodos, 53

- oca, 57
- oidio, 9, 110, 126
- oogonio, 6, 32
- Oomycete, 31
- oospora, 6, 109
- ostíolo, 20, 134
- Oxalidacea, 57
- Oxalis tuberosa*, 57

- paráfisis, 22, 93, 113
- Penicillium*, 102, 159
- P. oxalicum*, 84
- peridio, 24
- Peronospora parasitica*, 108, 109f
- Phoma*, 38, 119, 146, 147f, 156, 160

- exigua*, 35f, 36f, 37
- lingam*, 119
- oxalidicola*, 68, 69f
- Phytophthora* sp., 66, 67, 95
- picnia, 26
- picnidio, 36, 37, 58, 68, 69f, 86, 98, 134
- piel de culebra, 117
- pierna negra, 142
- Pleospora* sp., 21
- Polymnia sonchifolia*, 151
- Protylechus*, 53
- Pseudomonas*, 102
- Puccinia* sp., 61
- podrición blanca, 112
- podrición carbonosa, 137
- podrición gris, 27, 78
- podrición negra, 85, 141
- punta negra, 98
- Pythium ultimum*, 31, 32, 156, 160

- Rhizoctonia solani*, 33, 63f, 64, 117, 118f, 137, 156
- Rhizopus*, 42, 75, 102, 139, 159
 - microsporus*, 42, 175
 - oryzae*, 42, 43f
 - stolonífer*, 42, 75
- rizoctoniasis, 34, 63
- rizomas, 145
- rizomorfos, 46
- Rosellinia* sp., 47, 70
- roya, 9, 23, 60
- roya amarilla, 23, 24, 60
- roya deformante, 23, 25
- roya morena, 60

- Sclerotinia sclerotiorum*, 92f, 93, 112, 122, 153, 153f, 156
- Sclerotium bataticola*, 137
- Septoria oxalidis*, 58f, 59, 134
- septoriosis, 58
- setas, 132
- sinemas, 47

- teliosporas, 115, 135
- Thanatephorus cucumeris*, 33, 64, 117, 118f
- Thielaviopsis basicola*, 49, 50f, 156
- Tilletia* sp., 135
- tizón velloso, 107

Tropaeolaceae, 89
Tropaeolum tuberosum, 89

 ulluco, 13
Ullucus tuberosus, 13
 Uredinales, 24
 uredosporas, 62f
Urocystis brassicae, 115, 156
U. oxalidis, 73
Uromyces oxalidis, 61
 Ustilaginales, 73, 115

Verticillium, 51, 156
V. dahliae, 52
 viruela, 68

Whetzelinia sclerotiorum, 93, 112, 153

 yacón, 151

 Zigomycetes, 42
 zoosporas, 32

Créditos de Fotos

R. Medina—1, 3, 5, 7, 9-11, 14-17, 19, 20, 22-24, 26, 27, 29, 31, 32, 34, 35, 38, 40, 43, 45-47, 49, 50, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 65-67, 70, 72, 74-77, 79, 81, 82, 85-91, 94, 96-99, 101-104, 107, 108, 110, 112, 113, 115, 117, 119-123, 125, 127-129; H. Torres—2, 4, 6, 8, 18, 21, 25, 28, 30, 33, 36, 37, 39, 41, 42, 48, 51, 52, 54, 57, 60, 63, 64, 68, 69, 71, 73, 80, 83, 84, 92, 93, 95, 100, 105, 109, 111, 114, 116, 118, 124, 126; R. Haddad—12, 13; M. Cervantes—44; W. Pérez—106; P. Aley—53, 78.

Edición: Emma Martínez, Bill Hardy
Diseño y diagramación: Alfredo Puccini B.
Carátula: Nini Fernández-Concha



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA

