

Capítulo IV

Enfermedades Fungosas y Bacterianas y Principios para su Control

Teresa Ames de Icochea ¹

Introducción

El ulluco es una planta que se ha cultivado ancestralmente en el Perú y su consumo está generalizado en la dieta del poblador andino, sin embargo, a pesar de ello existen muy pocos estudios sobre las enfermedades que la atacan y su control.

En un esfuerzo realizado por el Proyecto de Raíces y Tubérculo Andinos (RTA) y el Centro Internacional de la Papa (CIP), se estudió durante varios años, las enfermedades que atacan al cultivo de ulluco en el campo y en el almacén. Para llevar a cabo este trabajo se visitaron campos de cultivo de ulluco y lugares de almacenamiento, de donde se recogieron datos y muestras de material enfermo. En el laboratorio se procedió a aislar el patógeno causante de la enfermedad y a hacer las pruebas de patogenicidad respectivas, para comprobar que el organismo aislado y purificado era realmente el causante de la enfermedad. Posteriormente se hizo una descripción del agente causal y se tomaron las respectivas fotografías características de la enfermedad y de su agente causal, con el objeto de que sirvan de orientación para futuros investigadores que trabajen con las enfermedades de este cultivo.

No todas las enfermedades que se describen en este Capítulo son las que afectan al cultivo; posiblemente existen algunas más que no se encontraron durante las

vistas de campo realizadas. Es posible también que algunas de las enfermedades aquí descritas sean comunes con las que atacan a otros cultivos andinos; este es el caso, por ejemplo, de las pudriciones de tubérculos y de aquellas que causan marchitez; otras sin embargo son específicas y sólo afectan al ulluco.

En este Capítulo se hace también mención a las prácticas generales que se pueden usar para controlar las enfermedades del ulluco. La mayoría de estas prácticas tiene por objeto evitar la presencia de las enfermedades, otras son para disminuir sus efectos y finalmente otras son para tratar de impedir que las enfermedades se generalicen.

Enfermedades Fungosas

Mancha Anillada (*Alternaria longipes* [Ellis & Everh.] Mason)

La enfermedad está presente dondequiera que se siembre ulluco, pero los mayores daños se producen en las zonas alto-andinas 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. En algunas variedades, a medida que la mancha crece, se forman anillos concéntricos, ligeramente levantados, con el

¹ Ing. Agrónomo, Ph.D., Fitopatóloga, Profesor Emérito, Universidad Nacional Agraria La Molina. Investigador Asociado Proyecto RTA. E-mail: t.ames@cgiar.org. Centro Internacional de la Papa (CIP). Apartado 1558, Lima 12. Av. La Molina 1895, La Molina, Lima 12, Perú.

centro de la mancha más prominente. 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.

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 (Figura 1).

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. En general la conidia tiene 8–10 tabiques transversales, con 1 ó 2 tabiques longitudinales u oblicuos. El tamaño varía entre 40 y 100 µm de largo, con un promedio de 55 µm. El diámetro de la conidia en su parte más gruesa es 10–12 µm. El pico mide aproximadamente 3–4 µm 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



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

manchas anilladas en ulluco. Los aislamientos de estos hongos también han reproducido los síntomas en las hojas inoculadas artificialmente.

Epidemiología

La enfermedad está presente en las zonas de los Andes peruanos donde se siembra ulluco, especialmente en aquellos lugares donde prevalece la neblina o donde llueve frecuentemente. Las esporas de *Alternaria* requieren agua libre para germinar, aunque pueden sobrevivir durante periodos 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.

El género *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.

Necrosis Apical (*Cladosporium* sp.)

Este tipo de mancha se ha encontrado con bastante frecuencia, en 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 peciolo 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. 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



Figura 2. “Necrosis apical” de la hoja de ulluco causada por *Cladosporium* sp.

de la hoja, que luego es invadido por parásitos débiles como el que se describe a continuación (Figura 2).

Agente causal

De plantas con síntoma de mancha apical de la hoja se ha aislado *Cladosporium* sp. Este hongo presenta conidióforos largos, de hasta 85 µm de longitud, solitarios, rígidos a ligeramente flexuosos y no ramificados, que terminan en 3–4 cadenas simples de conidias. Las conidias son en su mayoría elipsoidales, pero hay mucha variabilidad en cuanto a su forma y tamaño; miden 3–6 µm de ancho por 3–35 µm 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, presentando un color rojo vinoso cuando se observa la colonia por la base de la placa de petri.

Por las características morfométricas, el hongo tiene semejanza con *Cladosporium herbarum* Link ex Fr., un hongo fundamentalmente saprofitico que se desarrolla de preferencia en tejidos en descomposición. 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 saprofitica en los desechos de la cosecha o de 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 (*Ascochyta* sp.)

Esta enfermedad se hace presente en todos los campos de cultivo de ulluco, hacia el final del periodo 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 peciolo 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, mostrando una rotura lineal en el centro. Generalmente, la parte de la hoja que rodea la mancha muestra clorosis progresiva, más intensa en la parte adyacente a la mancha y más tenue a medida que se aleja de ella (Figura 3). 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 peciolo 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.



Figura 3. “Mancha ovalada” causada por *Ascochyta* sp. en una hoja madura de ulluco.

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 ostiolo prominente; miden entre 76.8 y 268.8 μm de diámetro.

Dentro del picnidio las conidias son numerosas, 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 siete 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. 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 (*Pleospora* sp.)

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, que se encuentran siempre en las hojas maduras, son porciones de tejido lesionado necrótico que abarcan un área considerable de la hoja. 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 las manchas tienen 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 4).



Figura 4. Lesiones de “mancha zonada” causada por *Pleospora* sp. en hoja de ulluco.

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

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 peciolo o tallos, ni en tubérculos, lo que permite decir que es 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 de la hoja. Los peritecios contienen paráfisis y ascas. Las ascas son hialinas, bitunicadas, de 80–126 μm de largo y 12–18 μm de diámetro en su parte más ancha; contienen seis 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; miden 16–24 por 7–10 μm . No se ha encontrado el estado anamórfico del hongo.

En el laboratorio el hongo crece bien en PDA, produciendo 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 (*Aecidium ulluci* Jorstad y *Aecidium cantensis* Arthur)

Hojas afectadas por royas se recolectaron en la provincia de Chinchero, departamento de Cusco, a 3750 m de altitud, pero también se han 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



Figura 5. "Roya amarilla" (*Aecidium* spp.), en el haz y en el envés de las hojas.

porque las estructuras del patógeno son visibles a simple vista y tienen una disposición espectacular (Figura 5).

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 que puede 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 arrosada 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. Cuando la enfermedad se produce en la nervadura central, ésta se dobla ligeramente hacia el haz o hacia el envés de la hoja, según la cara en que se abre el mayor número de aecias.

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

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 acídica.

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. Tienen un peridio hialino grueso, de 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 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 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 granuloso, y miden 16–20 por 20–23 μm . En conjunto forman masas de esporas de color anaranjado. En *A. cantensis* se han encontrado aecias y picnias en una misma lesión; no así en *A. ulluci*, donde sólo se han observado aecias.

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 (*Botrytis cinerea* Pers. ex Fries)

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, marzo, y abril, 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 %.



Figura 6. Necrosis en los bordes de las hojas afectadas por “pudrición gris” (*Botrytis* sp.).

Síntomas

En las hojas se produce necrosis, especialmente en los márgenes (Figura 6), que puede comprometer toda el área foliar 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, de apariencia húmeda; colapsan fácilmente y quedan 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, 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. 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 7). 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 *Botrytis cinerea* Pers. ex Fries. La identificación de este patógeno se ha hecho por extracción directa de material de 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 denticulas, sobre las que se forman sucesivamente las conidias, las cuales forman

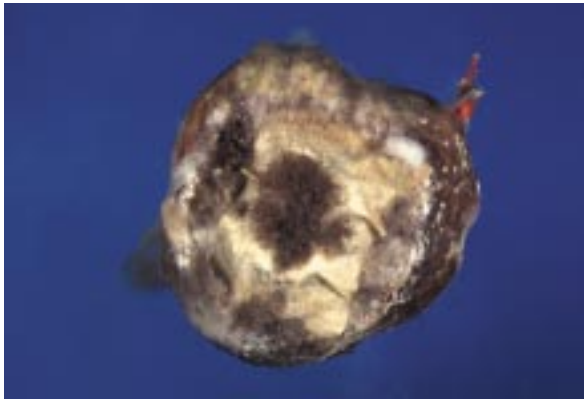


Figura 7. Tubérculo de ulluco con “pudrición gris” (*Botrytis* sp.) después de dos meses de almacenamiento.

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

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 ambiente y la presencia de agua libre producto 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 a las plantas por las heladas predispone al tejido al ataque del agente causal de la pudrición gris.

Gotera (*Pythium ultimum* Trow)

El nombre de gotera responde a la gran cantidad de líquido que exudan los tubérculos infectados. La enfermedad afecta la parte aérea, 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 está presente en los departamentos de Junín y Pasco, siendo 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.

Síntomas

Como ya ha sido dicho, 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 más viejas.

En el cuello de la planta se producen lesiones hundidas, húmedas, de color marrón rojizo, recubiertas de crecimiento micelial (Figura 8). La lesión puede circundar



Figura 8. Lesiones en el cuello de plantas de ulluco afectadas por *Pythium ultimum*.

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, ésta 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 miceliano y, al ser presionado, deja salir gran cantidad de líquido (Figura 9).

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 µm de diámetro. El hongo forma con facilidad órganos sexuales. El oogonio es esférico, terminal y de pared lisa, y mide entre 15.8 y 22.3 µm de diámetro. El anteridio es monoclinio, en forma de bolsa alargada, y está ubicado inmediatamente debajo del oogonio. Las oosporas se forman después de la fecundación, son apleróticas, miden entre 12.9 y 20.10 µm 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.



Figura 9. Tubérculo de ulluco con pudrición húmeda "gotera" (*Pythium ultimum*).

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 en las ramas de almacenaje completamente podridos y recubiertos de micelio.

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 saprofitica en los desechos vegetales o como oosporas que pueden mantener su viabilidad cuando faltan nutrientes en el suelo.

Pudrición de la base del tallo (*Pythium aphanidermatum*) (Edson) Fitzpatrick)

La enfermedad ha sido descrita ampliamente en Japón causando pudrición severa en la base del tallo de las plantas afectadas. Posiblemente esta enfermedad también esté presente en el Perú, porque el agente causal ha sido encontrado afectando otros cultivos en la zona andina.

Síntomas

La enfermedad se caracteriza por la presencia de lesiones húmedas blandas de color marrón que circundan la base del tallo, el mismo que adquiere sucesivamente un color más oscuro y avanzan gradualmente hacia arriba comprometiendo las hojas inferiores. Las plantas afectadas colapsan y mueren en cualquier estado de desarrollo.

Bajo condiciones de humedad, las lesiones se recubren de un abundante micelio de color blanco.

Agente causal

Los estudios del agente causal de la pudrición de la base del tallo se han hecho en Japón en medio de cultivo y ha sido determinado como *Pythium aphanidermatum*. Se ha observado la presencia de micelio formado por

hifas continuas, esto es sin septas, que tienen un diámetro de 4 µm.

El patógeno se caracteriza por formar oogonios y anteridios terminales. El anteridio es parágino, después de la fecundación se forma un oospora aplerótica de 18 a 24 µm de diámetro. La oospora es una estructura de conservación que puede permanecer inactiva por algún tiempo.

Los zoosporangios son lobulados e intercalarios y a la madurez dejan en libertad zoosporas. Estas zoosporas son las que inician y diseminan la enfermedad.

Epidemiología

Son muchas las especies de *Pythium* que habitan en el suelo y producen pudriciones radiculares y de los órganos que se desarrollan subterráneamente.

En otros cultivos el *P. aphanidermatum* requiere de humedad en el suelo. La dispersión se realiza por movimiento de personas y animales dentro del campo de cultivo. La enfermedad se conserva de una estación a otra en rastrojo que queda en el campo y se transmiten por la semilla como en el caso de la papa.

Rizoctoniasis del ulluco (*Rhizoctonia solani* Kühn)

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 en el cuello de la planta.

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 e igualmente presenta ramificaciones en ángulo recto. Las hifas maduras llegan a medir entre 8 y 10 µm 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 (*Phoma exigua* Des.)

Esta enfermedad es adquirida en el campo, pero 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; en una misma hoja pueden haber muchas manchas que al final coalescen y secan la hoja (Figura 10).

En la base del tallo las lesiones son alargadas y hundidas, y pueden alcanzar hasta 5 cm de longitud. Al centro de



Figura 10. Lesiones de "gangrena" (*Phoma exigua*) en hojas.



Figura 11. Pudrición de los tubérculos causada por "gangrena" (*Phoma exigua*).

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 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 (Figura 11). 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 de 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. El tejido ennegrecido se arruga ligeramente.

Al 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, de tamaño variable entre 145.8 y 370 μm de diámetro. Las conidias son hialinas, algunas de ellas gutuladas, de forma ovoide a elipsoidal, de tamaño entre 2.8 y 10.8 μm de largo y 2.0 y 5.5 μm 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 plumizo que posteriormente se vuelven negras por la presencia de innumerables picnidios que crecen parcialmente sumergidos en el sustrato.

Epidemiología

Phoma es un género de hongos que habita en 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 de Almacén (*Hypochnus* sp.)

Esta enfermedad, aunque se inicia en el campo, produce daños severos en el almacén. 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 (Huancayo).

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 12). Debajo de la lesión el tejido es seco y duro.

En el almacén los tubérculos infectados se consumen rápidamente y generalmente son invadidos por hongos secundarios, como ciertas especies de *Fusarium*, que aceleran su descomposición.

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 12. Lesiones circulares con grietas en el centro en tubérculos afectados por la “pudrición de almacén” (*Hypochnus* sp.).

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 µm de diámetro, provistas de fíbulas.

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±2°C).

En estudios realizados para determinar la capacidad de almacenamiento, se ha encontrado hasta un 10% de 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* (*Rhizopus oryzae* Went & Prinsen-Geerlig, *R. stolonifer* Ehr. y *R. microsporus* V.Tiegh)

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 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 (Figura 13).



Figura 13. Tubérculo de ulluco con “podredumbre” causada por *Rhizopus* spp. en el almacén, junto a un tubérculo sano.

Agente causal

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

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.

Podredumbre Seca (*Fusarium oxysporum* Schl. Snyder & Hansen)

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 ramas 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 causan heridas al alimentarse.

Síntomas

La podredumbre se inicia en cualquier parte del tubérculo, sobre todo donde 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. La cavidad crece hasta que al final el tubérculo queda reducido a su mínima expresión; simplemente se momifica y queda de color negro y consistencia dura (Figura 14).

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

Agente causal

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



Figura 14. "Putridión seca" por *Fusarium* sp. de un tubérculo almacenado.

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 monofialides 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. Las clamidosporas son terminales o intercalares, solitarias o en cadenas. En medio de cultivo PDA el hongo forma un micelio blanco y flocoso que produce un pigmento violeta en la base de la colonia.

De las áreas del tubérculo con anillos concéntricos se ha aislado *Fusarium roseum* Linkemend Snyd. & Hansen (syn = *F. graminum*). 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 preponderante 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 en el laboratorio crece a temperatura ambiental (22 °C).

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 como *Copitarsia turbata*, *Agrotis hispidula*, *Amathynetoides nitidiventris* *Botinus minor* que al alimentarse dejan heridas, por las que penetran *Fusarium* y otros hongos patógenos.

Lanosa (*Dematophora* sp.)

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 dos 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 15), 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 16). Finalmente, la planta y los órganos afectados se pudren, con un tipo de pudrición dura.



Figura 15. Síntomas externos de tubérculos con "lanosa" (*Dematophora* sp.).



Figura 16. Corte transversal de un tubérculo de ulluco afectado por "lanosa" donde se observan las proyecciones micelianas del agente causal (*Dematophora* sp.).

Agente causal

Se ha aislado *Dematophora* sp. 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 adosan paralelamente, formando cordones que recubren la superficie de los órganos afectados. El otro tipo de micelio es marrón oscuro, 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. Los terminales del conidióforo son irregulares, provistos de dentículas. Las conidias son unicelulares, ovals, 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

En Huánuco la enfermedad es endémica en cultivos de papa y de ulluco, a 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.

Manchado del tubérculo (*Thielaviopsis basicola* (Berk. & Br.) Ferr.)

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 presenta 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 17). 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.

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

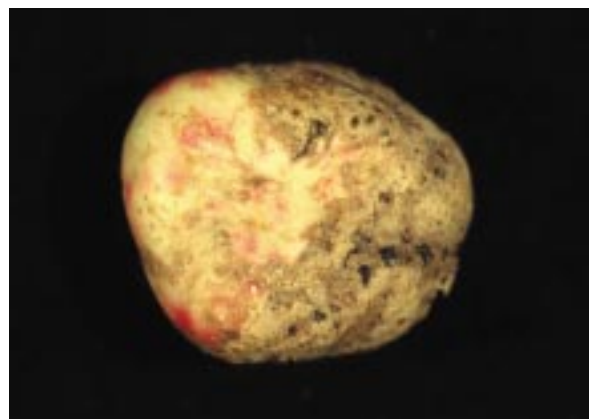


Figura 17. "Manchado del tubérculo" causado por *Thielaviopsis* sp.

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. Los endoconidióforos son alargados, tienen la forma de botella con la base ancha y el cuello largo y delgado y miden 15–16 μm de largo. Las endoconidias son hialinas y rectangulares, pero con los extremos redondeados; miden 6 por 4 μm . 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, en forma de clamidosporas, de una campaña a otra en el suelo o en el tejido vegetal que queda después de la cosecha. 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 (*Verticillium dahliae* Kleb.)

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,



Figura 18. Plantas de ulluco mostrando “marchitez” causada por *Verticillium* sp.

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 (Figura 18), sobre todo de las hojas inferiores. A medida que la enfermedad avanza, las hojas afectadas se secan, pero quedan adheridas al tallo. Después sobreviene la marchitez como consecuencia de un desarrollo masivo del hongo en el sistema vascular; 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 periodo de estiaje como se acostumbra en algunas regiones del Perú.

Agente causal

Verticillium dahliae Kleb. es un Deuteromycete que forma un micelio hialino, flocooso, tabicado y delgado. Del micelio nacen conidióforos ramificados en manojos verticilados, en cuyos ápices se forman conidias unicelulares, hialinas y ovoides de 6.5 por 3.0 μm de tamaño. Cuando el micelio envejece, forma hifas oscuras y microesclerocios, estructuras constituidas por un conglomerado de células redondas de pared gruesa oscura y protoplasma denso y finamente granulado. Los microesclerocios son estructuras de conservación que

permiten sobrevivir al hongo en el suelo por periodos 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 3,300 m de altitud, donde la temperatura oscila entre 5 y 24°C durante la época de cultivo. Sin embargo, a altitudes por encima de los 3,600 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 portadores del hongo.

Enfermedades Bacterianas

Pudrición Bacteriana (*Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* Jones)

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 19). 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 ablanda y se descolora. La pudrición es

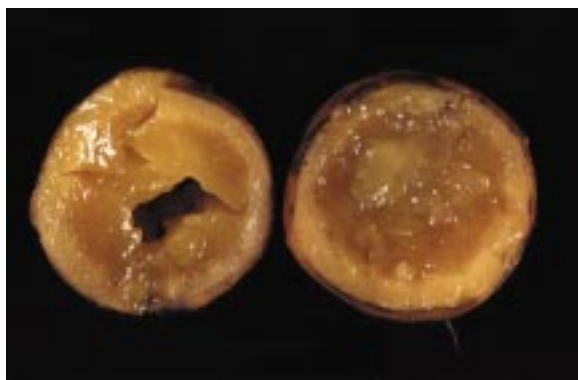


Figura 19. Corte transversal de un tubérculo de ulluco afectado por "pudrición bacteriana" (*Erwinia* sp.).

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 y en heridas suberizadas. Cuando se usan estos tubérculos como semilla, se deterioran después de la siembra.

Agente causal

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

Epidemiología

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

Los tubérculos infectados se pudren en el terreno durante el periodo 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 pudriciones por especies de *Fusarium* u otros patógenos.

Principios generales sobre el manejo de las enfermedades de las plantas por métodos culturales

Para controlar las enfermedades de las plantas 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 preventivos y 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 propagativo. El empleo de semilla sana es uno de los factores más importantes para obtener cultivos sanos y buenos rendimientos.

La semilla asexual, llamada también vegetativa o agámica, está constituida en el cultivo de ulluco, principalmente por tubérculos. No deberán presentar lesión alguna ni en el tubérculo propiamente dicho ni en los brotes. Los hongos que habitualmente se transmiten por la semilla agámica son *Phoma* spp., *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 saprofito 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 las

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.

Para el caso especial del ulluco, lo recomendable es hacer rotaciones con cereales, por ejemplo trigo, cebada y avena porque el ulluco no tiene patógenos comunes con estos cultivos. Una rotación de tres años es lo más conveniente, porque se logra reducir la población de patógenos radiculares que permanecen en el suelo en sus diferentes formas de conservación.

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 alto-andina, que es generalmente de autoconsumo, es común dejar de sembrar los campos de cultivo durante periodos 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 éste 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 periodo 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 conserve fuera de un lugar protegido, como al costado de una pared exterior (lo que es muy común), si no se cubren las ramas, corren el mismo peligro que estando a la intemperie. Por eso es conveniente realizar la cosecha oportuna, de tal manera que se realice antes del periodo crítico de heladas y que el producto cosechado se conserve protegido. Además, realizando la cosecha oportuna se ha observado que se disminuyen los daños causados por el gorgojo y gusanos de tierra (ver Capítulo V). El tejido dañado por el gorgojo es fácilmente invadido por hongos de los géneros *Mucor* y *Rhizopus* o de 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 preponderantes 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 conveniente y menos costoso.

Manejo del producto cosechado

Después de la cosecha y el tiempo de curado 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 almacenar. El producto seleccionado 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 almacenado o en tránsito.

El producto cosechado debe ser levantado del campo y almacenado sin pérdida de tiempo para evitar infecciones, especialmente con organismos causantes de pudrición blanda. Los hongos de los géneros *Rhizopus* y *Mucor* pueden contaminar las rumas; 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. Debe evitarse las temperaturas que superen los 22 °C, pues favorecen 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 en rumas no muy altas, para que no haya un aumento de temperatura y para que la humedad, producto de la respiración del material almacenado, se disipe convenientemente. Patógenos distintos tienen diferentes requerimientos de humedad. 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.

Los tubérculos 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.

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 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 contaminado, 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 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 periodo de observación por un tiempo determinado y por 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 área 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 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 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 tubérculos andinos, especialmente aquellos 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.

Referencias bibliográficas

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

Tomioka, K.; T. Sato; T. Nakanishi. 2002. Foot Rot of Ulluco Caused by *Pythium aphanidermatum*. J. Gen. Plant Pathol. 68: 189-190.