

Enfermedades más importantes que afectan al cultivo de la quinua en Bolivia

Giovanna Plata; Antonio Gandarillas

Trabajo financiado por: Fundación McKnight;
DANIDA; Fundación PROINPA

E mail: g.plata@proinpa.org

Resumen. El objetivo del presente estudio fue determinar las enfermedades que afectan al cultivo de quinua en Bolivia, desde la germinación hasta la cosecha en las zonas agroecológicas del Altiplano Centro, Altiplano Norte y Valles Interandinos. La enfermedad más importante a nivel económico es el mildiu, ocasionada por *Peronospora variabilis*; las otras enfermedades que se han detectado son de importancia secundaria, aunque por la ampliación de las zonas y los sistemas de producción, pueden tornarse en problemas de importancia primaria. Estas enfermedades corresponden a la muerte de plantas (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.) enfermedad que se presenta a la emergencia; si las plantas sobreviven a este problema posteriormente se manifiesta como una marchitez y recibe el nombre de "fusariosis". Durante el desarrollo se presenta el "moho verde" (*Cladosporium* sp.) casi simultánea o posterior al mildiu y la "mancha foliar" (*Ascochyta* sp.). A la senescencia, cuando el tejido está lignificado, aparece la "mancha ojival" (*Phoma* sp.). En cualquier fase de desarrollo también pueden presentarse síntomas ocasionados por virosis (amarillamiento, acortamiento de entrenudos, etc.) que presentan incidencia baja, menor al 5%.

Palabras clave: Mildiu; Fusariosis; Virosis; Fitopatología

Summary. The most important diseases affecting the quinoa crop in Bolivia. The aim of the present study was to determine the diseases affecting quinoa in Bolivia, from germination to harvest in the agro-ecological zones of the Central and Northern Altiplano and the InterAndean valleys. The most economically important disease is mildew, caused by *Peronospora variabilis*; the other diseases that have been detected are of secondary importance, although the extension of the zones and production systems can turn into problems of primary importance. These diseases correspond to: plantlets death (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp.) a disease that occurs when an emergency arise, and if the plants survive this problem, then it is manifested as a wilt, also called "Fusarium wilt". During the development, the "green mold" (*Cladosporium* sp.) appears, a disease that occurs almost simultaneously or after the mildew, "foliar spot" (*Ascochyta* sp.) and at the senescence, when the tissue is lignified, the "pointed spot" (*Phoma* sp.) appears. At any development stage, symptoms caused by viral (yellowing, shortening of internodes, etc.) can be presented with a low incidence, less than 5%.

Keywords: Mildew; *Fusarium*; Virus disease; Phytopathology

Introducción

La gran demanda internacional de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en los últimos años, ha llevado a incre-

mentar significativamente la superficie cultivada en muy corto tiempo (Gandarillas *et al.*, 2014). El cultivo comercial se ha ampliado de la zona tradicional del Altiplano Sur, donde se cultiva la

Quinoa Real, hacia las nuevas zonas llamadas de “expansión”, los altiplanos Centro y Norte y los Valles Interandinos. Esta situación ha llevado a encarar nuevos problemas, debido principalmente a la humedad. En el sur, las condiciones son muy secas, con una media de 250 mm de precipitación, mientras que en los Altiplanos Centro y Norte, la precipitación es de 500 mm, y en los valles alcanza a 800 mm.

El presente artículo pretende realizar una actualización de la incidencia e importancia de las principales enfermedades fungosas, con énfasis en las zonas de expansión de la quinua en el nuevo contexto de cambio climático, tomando como base la publicación de Tapia *et al.*, 1979.

Los objetivos del trabajo fueron:

- Identificar y caracterizar las enfermedades que afectan al cultivo de quinua con énfasis en las zonas de expansión (Altiplano Centro, Altiplano Norte y Valles Interandinos).
- Categorizar a las enfermedades por su importancia económica.

Materiales y métodos

El presente estudio estuvo basado principalmente en visitas y muestreos a 50 parcelas quinueras en las diferentes zonas de producción (10 a 12 parcelas por zona).

Se tomaron muestras de las diferentes enfermedades que aparecían a medida que el cultivo desarrollaba, considerando las condiciones climáticas presentes en el momento del muestreo. Este trabajo fue llevado a cabo a partir de noviembre de 2013 hasta abril de 2014,

siendo una campaña caracterizada por una alta precipitación. Se colectaron muestras de plántulas y plantas en diferentes fases de desarrollo y de diferentes tejidos (hojas, tallo, raíces y granos).

La recolección fue realizada en bolsas plásticas y un contenedor refrigerado para mantener las muestras frescas; cada una fue identificada según el lugar de recolección. Las muestras fueron trasladadas a laboratorios de PROINPA en el menor tiempo posible, e inmediatamente procesadas, utilizando técnicas de rutina, vale decir observación directa al microscopio de los signos, cámara húmeda y siembra en medios de cultivo (Papa Dextrosa Agar). Para la identificación de las estructuras se utilizó claves taxonómicas, desarrolladas en base a características morfológicas de los diferentes géneros de hongos (Barnett, 1960).

Resultados y discusión

La presentación de los resultados se hace en función a la aparición de las enfermedades en el cultivo, según la fase fenológica en la cual se fueron presentando:

⇒ *Enfermedades que se presentan desde la emergencia hasta la aparición de 6 a 8 hojas verdaderas:*

Al inicio del cultivo se tomaron muestras de plántulas muertas en la fase cotiledoneal (emergencia); se observó un estrangulamiento a la altura del cuello de la planta (Figura 1). Al no haber circulación de nutrientes y agua hacia el tallo, se produjo la caída masiva de las plántulas. Escarbando la tierra, en lugares donde no emergió la semilla, se evidenció la muerte de plántulas.



Figura 1. Plántulas de quinua con estrangulamiento a la altura del cuello al ras del suelo

Este síntoma de estrangulamiento fue diagnosticado en los Altiplanos Centro, Norte y en los Valles Interandinos. En el campo se manifiesta como una emergencia irregular (Figura 2), poco percibida por los agricultores, que generalmente la atribuyen a problemas de suelo, salinidad o falta de humedad.

La enfermedad se presenta en años de excesiva humedad, suelos con alto contenido de arcillas, abonados con estiércol parcialmente descompuesto y deficiente drenaje. Una vez que se presenta la enfermedad, ésta se queda en el suelo adherida a las raíces y tallos de las plantas muertas, como estructuras de conservación (clamidosporas en el caso de *Fusarium* y esclerotes para *Rhizoctonia*).



Figura 2. Parcela de quinua con baja emergencia de plantas

Debido a que son varios los factores que influyen en la emergencia, se estima que la muerte de plántulas, a consecuencia *Rhizoctonia* y/o *Fusarium*, es hasta de un 10%.

⇒ *Enfermedades que se presentan en las fases fenológicas de ramificación, panojamiento, floración, formación de grano y madurez fisiológica*

A medida que las plantas continuaron su desarrollo, en la fase de ramificación (ocho hojas verdaderas) y/o panojamiento (la inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta), en algunas zonas de producción -dependiendo de las condiciones climáticas- aparecieron manchas cloróticas sobre las hojas (Figura 3). En función de la variedad estas manchas fueron rojas, anaranjadas, cafés o negras.



Figura 3. Plantas con manchas cloróticas (arriba) y manchas rojizas (abajo) causadas por *Peronospora variabilis*

Según progresó la enfermedad, en el envés de las hojas, se hizo presente una esporulación de color grisáceo (Figura 4) que corresponde a *Peronospora variabilis*¹, agente causal del mildiu de la quinua. Esta enfermedad, dependiendo de la humedad, puede permanecer hasta la cosecha. El amarillamiento de las hojas reduce la capacidad fotosintética y también ocasiona la defoliación de las plantas (Figura 5), por ende se reduce el rendimiento.



Figura 4. Hoja con esporulación en el envés



Figura 5. Defoliación severa por mildiu

¹ Antes denominado como *Peronospora farinosa* f.sp. *chenopodii* (Fr.) Fr., trabajos de Choi *et al.*, 2008 y 2010, han reclasificado a este agente causal mediante técnicas moleculares, utilizando regiones intergénicas del ADN.

P. variabilis es un patógeno de fácil dispersión (viento y lluvia); durante el desarrollo del cultivo, las estructuras de diseminación son principalmente las esporas, en cambio, a la senescencia o ausencia de cultivo, la enfermedad se disemina mediante oosporas (estructuras de reproducción sexual) que pueden estar adheridas a la superficie del grano o en el interior del rastrojo que se queda en el campo. Por lo tanto, la diseminación se produce, a corta distancia, mediante esporas y a larga distancia, bajo la forma de oosporas.

El mildiu se presenta en todas las zonas agroecológicas, con mayor o menor severidad, en función de las condiciones ambientales (alta humedad relativa, mayor al 80%). En el Altiplano Sur sólo aparece cuando las lluvias son intensas y prolongadas; cuando cesa el período de lluvia, automáticamente el micelio se deseca y se detiene el avance de la enfermedad. Las quinuas reales son susceptibles a esta enfermedad.

Las pérdidas que ocasiona el mildiu dependen de la fase fenológica en la que la planta es atacada y del grado de resistencia de la variedad. Cuando se cultivan variedades susceptibles y se presentan condiciones de clima favorables, particularmente alta humedad relativa, los efectos del mildiu son severos. Si el ataque ocurre en fases iniciales de desarrollo de la planta, se puede perder completamente la producción; en variedades resistentes, las pérdidas oscilan entre 20% y 40% (Danielsen *et al.*, 2003). Por lo tanto las pérdidas económicas varían entre 2 a 5 quintales, que dependiendo del precio de la quinua puede ser muy significativo, así, para el año 2014, equivaldría a una pérdida de 6.000 Bs/ha.

Simultáneamente a la aparición del mildiu, en la fase de panojamiento y floración, se ha observado sobre las manchas cloróticas, una esporulación verdosa en el haz de las hojas (Figura 6), cuyo agente causal es *Cladosporium* sp., que dependiendo de la humedad, puede cubrir toda la superficie de las manchas (Figura 7) y acelerar la caída de las hojas. Al igual que el mildiu se puede presentar hasta la fase de cosecha.



Figura 6. Inicio de la esporulación verdosa



Figura 7. Hoja con abundante esporulación

Cuando hay excesiva humedad, el patógeno pasa del follaje a la panoja, y esta tiende a ennegrecerse (Figura 8). Dependiendo de la fase de llenado, los granos pueden quedar vacíos. Si se forma el grano éste queda ligeramente manchado. Procesando estos granos en laboratorio, se evidenció que las conidias de *Cladosporium* quedan adheridas a la superficie del grano, siendo esta la forma de diseminación y sobrevivencia para la siguiente campaña.



Figura 8. Panoja ennegrecida por *Cladosporium* sp.

Debido a que esta enfermedad está muy asociada al mildiu, cuando se presenta el daño en panoja, las pérdidas económicas por moho verde incrementarían por lo menos en un 5% más, al ocasionado por el mildiu.

A su vez, durante el desarrollo de las plantas en aquellos lugares donde existe un mal drenaje o se acumula el agua, se presenta un síntoma de marchitez y amarillamiento; al inicio la marchitez es sólo apical y posteriormente es generalizada, incluso llega a ocasionar la muerte de las plantas.

Revisando el sistema radicular se observa lesiones hundidas a nivel del cuello, semejantes a los encontrados en la emergencia. Sacando las raíces comple-

tas del suelo, se observa una necrosis de la raíz principal y de las raicillas (Figura 9); si sobre este estado ocurren vientos fuertes, se produce la caída de plantas (Figura 10).

Por el exceso de humedad, la parte superficial (epidermis) de la raíz se descompone rápidamente, dejando expuesto el tejido interno al ataque de otros patógenos. Realizado el diagnóstico de estas muestras, el síntoma corresponde a *Fusarium* sp. Por lo tanto, este patógeno se presenta en pre y pos emergencia, y puede manifestarse nuevamente durante el desarrollo del cultivo. La forma de reconocer a las plantas enfermas, es a partir de su desarrollo poco vigoroso en relación a plantas sanas.



Figura 9. Lesiones a nivel del cuello con descomposición de la epidermis de la raíz



Figura 10. Marchitez y amarillamiento de plantas ocasionados por *Fusarium* sp.

Esta enfermedad ha sido observada principalmente en zonas próximas al Lago Titicaca (Altiplano Norte) y en menor grado en el Altiplano Central, en zonas con suelos pesados y con mal drenaje.

En el caso de los Valles Interandinos, en plantas adultas, se observa síntomas similares. Otras plantas con poco desarrollo manifiestan simplemente una coloración rosada en raíces y raicillas (Figura 11). Analizadas estas raíces los síntomas son también atribuidos a *Fusarium* sp.

Durante el desarrollo, también se ha observado manchas necróticas de forma más o menos circular a irregular, con centros de color crema y bordes ligeramente marrones (Figura 12) en cuyo interior se presentan picnidios (puntos negros) en el follaje. El tamaño de las lesiones varía desde 5 a 10 mm de diámetro. Realizados los trabajos en laboratorio, el agente causal de esta enfermedad corresponde a *Ascochyta* sp. y el nombre común de la enfermedad es “mancha foliar”.

Cuando los ataques son severos, se produce una intensa defoliación y por lo tanto se reduce la capacidad fotosintética y si la panoja está en formación, afecta la calidad de los granos (coloración marrón).

En estudios realizados a los granos en laboratorio, se ha observado que el hongo produce abundantes picnidiosporas, acompañadas por un necrosamiento suave a severo a nivel radicular y/o del hipocótilo; las plántulas muy afectadas mueren.

Por lo tanto, la enfermedad se transmite por semilla, las picnidias permanecen adheridas a la superficie de los granos y también se quedan en el rastrojo.

Para que ocurra un nuevo ciclo de la enfermedad en la siguiente campaña, se requiere de 18 a 24°C y una humedad relativa mayor al 80%, las picnidias germinan y dan origen a las picnidiosporas y se inicia nuevamente la infección.



Figura 11. Raíces rosadas ocasionadas por *Fusarium* sp. en quinua



Figura 12. Manchas circulares con picnidias en el interior

No se conoce exactamente la distribución geográfica de esta enfermedad y aparentemente no representa mayor importancia económica (Danielsen *et al.*, 2003).

Finalmente, en la fase de senescencia, cuando el tallo está lignificado, se observa unas lesiones ojivales, de color gris claro en el centro y bordes marrones, rodeados de un halo de apariencia vítrea, en cuyo interior se puede notar puntos negros pequeños (Figura 13), que corresponden a las picnidias del hongo *Phoma* sp. El tamaño de estas lesiones varía de 2 a 3 cm. Cuando las condiciones son favorables (en especial alta humedad relativa), en un mismo tallo se puede observar un sin número de manchas (Figura 14), en ataques severos estas manchas llegan a juntarse, abarcando toda el área del tallo.

De una campaña a otra, el hongo sobrevive en el rastrojo que se queda en el campo, este patógeno no requiere de heridas mecánicas para ingresar a la planta, ingresa por aberturas naturales.

Esta enfermedad ha sido observada en el Altiplano Centro, Norte y los Valles

Interandinos y básicamente su aparición depende de la presencia del inóculo y de una alta humedad relativa.



Figura 13. Mancha ojival en el tallo con picnidias en su interior



Figura 14. Varias manchas ojivales en el tallo y ramas laterales

En general, en todas las zonas de producción de Bolivia, se ha observado plantas con síntomas de virosis desde las fases iniciales hasta la cosecha, no se ha identificado (el) o (los) agentes causales, lo que sí se conoce es que la quinua es utilizada como una planta uni-

versal (planta indicadora) en la detección de diversos virus. Los síntomas más frecuentes observados en la quinua son: amarillamiento, acortamiento de entrenudos (arrosamiento), hojas coriáceas, amarillamiento y poco desarrollo (derecha), síntomas característicos de la incidencia de virosis en esta especie.



Figura 15. Planta de quinua con amarillamiento (izquierda) y acortamiento de entrenudos, hojas coriáceas, amarillamiento y poco desarrollo (derecha), síntomas característicos de la incidencia de virosis en esta especie



Conclusiones

- La enfermedad más importante es el “mildiu de la quinua”, ocasionada por *Peronospora variabilis*, seguida por “moho verde” y “muerte de plántulas”. Estas tres enfermedades se presentan en las diferentes zonas agroecológicas de Bolivia.
- La incidencia de la “mancha foliar” es baja y la sintomatología ha sido observada en el Altiplano Centro, Altiplano Norte y valles interandinos, sin ocasionar pérdidas económicas significativas.
- La “mancha ojival” aparece a la senescencia del cultivo, afectando los tallos y el raquis de la panoja. No tiene ninguna implicancia en la reducción de rendimiento del grano de quinua.
- La semilla es fuente de inóculo para el “mildiu”, “moho verde” y “muerte de plántulas”.
- Económicamente el “mildiu”, “moho verde” y “muerte de plántulas” pueden ocasionar pérdidas hasta del 50%.

Referencias citadas

Barnett. H. 1960. Illustrated genera of imperfect fungi. 2 ed. Burgess Publishing Company. 225 p.

Danielsen, S., Bonifacio, A., Ames, T. 2003. Diseases of Quinoa (*Chenopodium quinoa*). Food Reviews International. 19(1 y 2): 43-59.

Choi, Y., Denchev, C., Shin, H. 2008. Morphological and molecular analyses support existence of host-specific *Peronospora* species infecting *Chenopodium*. Mycopathology. No. 165:155-164.

Choi, Y., Danielsen, S., Lubeck, M., Hong, S., Delhey, R., Shin, H. 2010. Morphological and molecular

characterization of the causal agent of downy mildew on quinoa (*Chenopodium quinoa*). Mycopathology. No. 169:403-412.

Gandarillas, A., Rojas, W., Bonifacio, A., Ojeda, N. 2014. La quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. Capítulo 5. En: Bazile Didier "Estado del Arte de la Quinua en el Mundo". FAO (en imprenta).

Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Otazú, V., Ortiz, R., Rea, J., Salas, B., Zanabria, E., Mujica, A. 1979. La Quinua y la Kañiwa: Cultivos Andinos. Oficina Regional para América Latina. Bogotá, Colombia. pp. 142-147.

Trabajo recibido el 10 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 17 de junio de 2014

 **Biotop**
Bioinsumos para la vida s.r.l.

www.biotopbolivia.org



PRODUCTOS

BIOFUNGICIDAS

- Biobacillus
- Tricotop

BIOINSECTICIDAS

- Acaritop
- Matapol Plus

BIOFERTILIZANTES Y PROMOTORES DE CRECIMIENTO

- Tricobal
- Vigortop

ACELERADOR EN LA FERMENTACIÓN ORGÁNICA

- BioBull
- Biograd

Con el objetivo de generar una agricultura sostenible y saludable, BIOTOP SRL, pone a su disposición bioinsumos que no dañan la salud humana y no afectan al medio ambiente. Estos bioinsumos cuentan con registro sanitario y cumplen con las normas para la producción orgánica.

CONTACTOS

Oficina Central: COCHABAMBA
Av. E. Meneces s/n Km 4 zona El Paso
- Cochabamba
Telf.: (591-4) 4319595 int 162 -
4319522
m.crespo@biotopbolivia.org

Oficina Oruro

C. Rodríguez # 340 (Potosí y Pagador)
Teléfono/Fax: (591-2) 5284490
j.olivera@biotopbolivia.org