



# Resistencia de la quinua frente a la enfermedad del mildiu

**Financiadores:** Fundación McKnight  
**Colaboradores:** BYU

**Autores:** Alejandro Bonifacio, Amalia Vargas, Miriam Alcón y Reyna Apaza

El mildiu es una enfermedad de la quinua provocada por el hongo *Peronospora farinosa*, cuya incidencia y severidad se ha acentuado en los últimos años. Debido a que periodos de sequía y precipitación (alta humedad relativa) se alternan en una misma campaña agrícola, generando condiciones adversas para el cultivo y favorables para el desarrollo del hongo.

Para su expresión, el mildiu requiere de alta humedad relativa de ambiente y temperaturas frescas. Dada la gran variabilidad de microclimas en las distintas zonas de producción de quinua, la enfermedad se presenta con diferente intensidad.

Los síntomas de la enfermedad son manchas amarillas pequeñas e irregulares al inicio del ataque, manchas claramente visibles cuando avanza la enfermedad y caída de hojas en ataques severos.

Los efectos del mildiu se expresan en la reducción del rendimiento, deficiencias en el llenado y en la calidad de grano, y en la coloración negra de la parte externa del grano. El mildiu puede reducir 30% del rendimiento, además de llegar al 100% en variedades susceptibles en condiciones lluviosas (Alandia, 1997).



Fig. 1. Tipo susceptible: manchas cloróticas con estructuras de fructificación del patógeno.



Fig. 2. Quinoa Real (Localidad Sevaruyo): Susceptible al mildiu.

La resistencia genética contra la enfermedad no ha sido investigada en su totalidad (Bonifacio, 2001), por lo que no se tiene un conocimiento cabal de las formas de resistencia, aunque se sabe que algunos ecotipos son más susceptibles y otros más resistentes.

Con tales consideraciones se evaluó en el Centro Quipaquipani de La Paz la resistencia de líneas de quinua con diferencias en el ciclo productivo. Por la influencia de las montañas circundantes y pequeños valles, la zona ofrece condiciones favorables para la enfermedad. El material genético fue agrupado por su ciclo productivo en tardíos, semiprecozes y precozes, los que fueron establecidos en tres ensayos paralelos e independientes. Las evaluaciones se realizaron por el grado de severidad del mildiu (marzo de 2009), siguiendo una escala porcentual (Danielsen y Ames, 2000). La descripción del tipo de resistencia presente se realizó examinando los síntomas de la enfermedad, categorizándose el material en susceptible, parcialmente resistente, hipersensible y resistencia combinada.

Los tipos de resistencia evaluadas en el material de mejoramiento de la quinua se describen a continuación:

- **Susceptible:** presenta manchas cloróticas generalizadas en la superficie foliar e inclusive con estructuras visibles del hongo y esporas abundantes sobre el tejido afectado (Fig. 1 y 2).



Fig. 3. Tipo hipersensible: numerosos puntos de lesión necrosados.

- **Resistencia parcial o intermedia:** se distingue por las manchas relativamente de menor área con pocas estructuras de fructificación. La planta en general se ve saludable.
- **Hipersensible:** no presentan manchas cloróticas, un examen cuidadoso permite ver numerosos pequeños puntos necróticos que representan los puntos de inicio de la infección. Esto significa que la planta ha reaccionado en forma hipersensible, frenando el avance de la enfermedad mediante el necrosamiento de los puntos de infección. Las plantas con este tipo de resistencia son lozanas y generalmente son de ciclo tardío (Fig. 3).
- **Resistencia combinada:** corresponde al tipo hipersensible junto a la resistencia parcial. En este tipo de resistencia se puede constatar las manchas cloróticas de reducida área y también los puntos necróticos del tipo hipersensible.

Las líneas tardías presentan severidad media de 27,5% (+- 4,24), con un mínimo de 20% y un máximo de 35% de severidad. En el mejoramiento de la quinua, es aceptable para la selección la severidad media menor a 30%, este grupo de líneas se encuentra en ese rango.

Las líneas semi precozes presentan severidad media de 32,6% (+-6,20), variando entre 22,5 y 43,8%. La severidad de este material es ligeramente mayor al del grupo tardío, sin embargo, se puede seleccionar líneas con severidad menor a 30%.

La severidad del mildiu en líneas precozes varía entre 38,8 y 55%, con promedio de 49,4% (+-12,4). La severidad es relativamente alta y refleja la asociación de la resistencia con el ciclo productivo de la quinua. En este caso, el ciclo precoz es asociado a mayor susceptibilidad a la enfermedad del mildiu.

Las líneas avanzadas de quinua muestran diferencias en porcentajes de severidad del mildiu, esto ofrece una oportunidad para realizar la selección por resistencia genética a la enfermedad.



Fig. 4. Variedad Kurmi en el Altiplano Norte (resistente al mildiu).



Fig. 5. Variedad Blanquita en el Altiplano Norte (parcialmente resistente al mildiu).

Los valores menores de severidad (27,5%) se han constatado en las líneas de ciclo tardío, los valores intermedio de resistencia (32,6%) en las semi precoces y los altos porcentajes de severidad (49,4%) en las precoces, dando evidencia de que la resistencia está asociada al ciclo largo del cultivo y, la susceptibilidad al ciclo productivo corto.

Con respecto al tipo de resistencia en líneas avanzadas y el material genético del programa de mejoramiento, se evidenció la susceptibilidad, la resistencia parcial, hipersensibilidad y el tipo combinado entre resistencia parcial e hipersensibilidad. Parlevliet (1997) menciona que los mecanismos de resistencia reducen el crecimiento y/o desarrollo del parásito, casi siempre son de naturaleza bioquímica, y la estrategia de resistencia es de defensa, siendo destinada a restringir el daño.

La información generada se empleará para seleccionar variedades adaptadas a cada zona ecológica (Bonifacio, 2006) y responder mejor ante la variabilidad climática que se está dando en el altiplano, además, permitirá diferenciar el tipo de resistencia presente en variedades y ecotipos de quinua. Por otra parte, estos resultados proporcionarán elementos para la identificación de marcadores moleculares que está en curso y se estudiará la asociación entre el grado de resistencia, el ciclo del cultivo y el tamaño del grano.

Hasta ahora, la inclusión de criterios de selección para la resistencia genética contra la enfermedad del mildiu ha permitido obtener variedades con resistencia al mildiu. La variedad Kurmi (Fig. 4) posee un buen nivel de resistencia, en cambio, las variedades Blanquita (Fig. 5) y Jacha Grano presentan resis-

tencia parcial. La obtención de variedades con resistencia genética contra la enfermedad está enfocada a la producción orgánica de quinua, puesto que no se requiere la aplicación de productos químicos para su control.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alandia, S., (1997) "Enfermedades" en Tapia, et al. (eds.), *Quinua y Kanihua. Cultivos andinos*. Bogotá. IICA, pp. 137-144.
- Bonifacio, A., (2001) "Resistencia de quinua al mildiu" en *Cultivos Andinos* [DC-Room]. Roma. FAO.
- Bonifacio, A., (2006) *Estudio de perspectiva para los productos del altiplano y valles centrales de los Andes*. La Paz. ICS-ONU. Naciones Unidas, pp. 34.
- Danielsen, S. y T. Ames, (2000) *El mildiu Peronospora fariosa de la quinua Chenopodium quinoa: Manual práctico para el estudio de enfermedad y del patógeno*. Lima. CIP-KVL, pp. 38.
- Parlevliet, J. E., (1997) "Resistencia durable a patógenos y cómo mejorar por este tipo de resistencia" en *Primer Taller en resistencia duradera a cultivos en la Zona Andina*. PREDUZA.