

**RESUMEN DE ESTUDIOS EN DESARROLLO SOBRE
LIMITACIONES FITOSANITARIAS PARA EL
DESARROLLO DE CHENOPODIUM QUINOA
COMO CULTIVO EXTENSIVO COMPLEMENTARIO
A LOS CEREALES EN EL SUR DE CHILE.**

Programa de Fitomejoramiento de Quinoa INIA.

TABLA DE CONTENIDOS

1 Resumen Ejecutivo

2 *Abstract*

3 Introducción

4 Limitaciones de origen fungoso

5 Limitaciones de origen bacteriano

6 Limitaciones de origen Viral

7 Plagas insectiles

8 Líneas de Investigación en desarrollo

9 Anexos

10 Literatura

1 Resumen ejecutivo

La especie *Chenopodium quinoa* Willd. podría llegar a ser un cultivo de superficie extensiva en el secano del sur de Chile estimándose en 3000 has en un mediano plazo y podría llegar a 20.000 has dependiendo de su éxito comercial, agroindustrial y de exportación, incorporándose la quinoa de esta manera, a la secuencias utilizada tradicionalmente con *Brassica napus var. oleifera*; *Lupinus albus*; *Triticosecale* y *Avena sativa* las cuales constituyen la base del éxito de la cosecha de un trigo sano *Triticum aestivum*, *T. turgidum*, de menor costo y con una baja utilización de insumos. El aumento de la superficie sembrada en áreas nunca cultivadas con quinoa ha mostrado que el cultivo se adapta en forma satisfactoria a una amplia gama de fechas de siembra, distintos suelos, disponibilidad de agua, cantidad de nutrientes y niveles tecnológicos. Es frecuente escuchar a agricultores que la han sembrado por primera vez y haber obtenido 3 y hasta 4 t/ha. La especie quinoa se le clasifica en amarantaceae: chenopodiaceae y si bien tiene cercanía con remolacha a diferencia de esta, posiblemente no ocuparían – competiría por los mismos suelos de riego. El cultivo de la quinoa permitiría utilizar gramínicidas que reduzcan el pool de malezas resistentes a herbicidas que pululan incontrolables en los cultivos de cereales. Así mismo, quinoa no es susceptibles a las mismas patologías radiculares como es el mal del pie del trigo. Entre las limitantes fitosanitarias de la quinoa figuran en primer lugar la competencia con malezas, donde se puede fácilmente llegar a perder la siembra de quinoa de no utilizar una estrategia de control adecuada. En enfermedades la más importante es Mildiu causado por el oomycete *Peronospora variabilis* la cual se enfrenta exitosamente con la elección de una variedad resistente y de ser necesario se podría complementar con la aplicación de un fungicida que si bien han mostrado su eficacia, necesitan iniciar/completar la normativa de registro para uso en quinoa en Chile. Existen aspectos en el ciclo de vida de *Peronospora variabilis* que requieren mas estudios, por ejemplo su rango de huéspedes, además es urgente perfeccionar los protocolos de multiplicación controlada de inóculo y cuantificar, si así ocurre, la transmisión por semilla del patógeno. Las plagas de artrópodos en quinoa pueden constituir la más seria limitante, áreas en el tema de control biológico se abren en este tema de momento que se puede observar que varias especies como *Myzus*; *Epicauta*; *Asynonychus*; *Leptoglossus*; *Liriomyza* y en especial *Nysius* con panojas en estado de desarrollo de grano lechoso aumentan en forma exponencial su daño y esto ocurre con ausencia casi completa de sus enemigos naturales. Este trabajo resume experiencias realizadas, otras en desarrollo y plantea una visión de futuro de lo que se estima debiera hacerse para minimizar las limitaciones fitosanitarias de origen biótico en *Chenopodium quinoa* .

2 Abstract

The specie *Chenopodium quinoa* Willd. could become an extensive crop in the dry land of southern Chile estimated at 3000 hectares in the medium term and could reach 20,000 hectares depending on its commercial, agroindustrial and export success, quinoa being incorporated in this way, to the crop sequences traditionally used with *Brassica napus var. oleifera*; *Lupinus albus*; *Triticosecale* and *Avena sativa*, which are the basis of the success of the harvest of a healthy wheat *Triticum aestivum*, *T. turgidum*, of lower cost and with a low use of inputs. The increase in the area planted in soils never cultivated with quinoa has shown that the crop adapts satisfactorily to a wide range of sowing dates, different soils, water availability, amount of nutrients and technological levels. It is common to hear farmers who have planted it for the first time and have obtained 3 and up to 4 t / ha. The quinoa specie is classified in amarantaceae: chenopodiacea and although it has closeness to sugar beet, unlike this one, it would probably not occupy - it would not challenge for the same irrigated land. The cultivation of quinoa would allow the use of graminicides that reduce the pool of weeds resistant to herbicides that swarm uncontrollably in cereal crops. Likewise, quinoa is not susceptible to the same root diseases as wheat take all disease. Among the phytosanitary constraints of quinoa are competition for weeds in the first place, where quinoa planting can easily be lost if an adequate control strategy is not used. In diseases the most important is Mildiu caused by the oomycete *Peronospora variabilis* which is successfully faced with the choice of a resistant variety and if it is necessary it could be complemented with the application of a fungicide that although they have shown their effectiveness, they need to start / complete the registration regulations for use in quinoa in Chile. There are aspects in the life cycle of *Peronospora variabilis* that require more studies, for example its range of hosts, it is also urgent to perfect the protocols of controlled multiplication of inoculum and quantify, if this happens, the seed transmission of the pathogen. Arthropod pests in quinoa may constitute the most serious limiting factor, areas in this subject of biological control are opened in this subject so far that it can be observed that several species such as *Myzus*; *Epicauta*; *Asynonychus*; *Leptoglossus*; *Liriomyza* and especially *Nysius* with panicles in a state of development of milky grains exponentially increase their damage and this occurs with almost complete absence of their natural enemies. This work summarizes experiences carried out, others in development and raises a vision of the future of what is estimated should be done to minimize phytosanitary limitations of biotic origin in *Chenopodium quinoa*.

3 Introducción

La especie *Chenopodium quinoa* [Cq] fam. *Amaranthaceae*, subfam. *Chenopodiaceae* en el sur de Chile tiene un desarrollo similar a planta relacionada *Chenopodium album* [Ca], especie considerada maleza, muy bien adaptada, resiliente y abundante en los cultivos de hortalizas y cereales que se establecen en la primavera desde la región metropolitana al sur. Dada la buena adaptación de la maleza no pareciera complicado desarrollar la especie cultivada en el mismo ecosistema. El primer interés que surge en desarrollar la especie cultivada se genera, más que en sus innegables posibilidades como grano de propiedades nutricionales interesantes, en la observación de su total inmunidad a los problemas fitosanitarios que aquejan a los cereales y en especial al trigo. Siembras tanto de trigo como de candeales severamente afectadas por la grave enfermedad Mal del Pié, enfermedad causada por el ascomicete *Gaeumannomyces graminis. var tritici* se infestan rápidamente por malezas que profitan en la pérdida de capacidad competitiva del cereal al tener sus raíces destruidas y es en este ambiente donde, precisamente, las amarantáceas que no se afectan, rápidamente se convierten en las especies predominantes en este ecosistema desbalanceado para el gran cultivo de cereales. Así mismo, el cultivo extensivo de cereales sufre el flagelo de incremento de especies gramíneas resistentes a herbicidas por ello la incorporación de Cq en la secuencia de cultivos permitiría ampliar las estrategias de control incorporando aquellas moléculas herbicidas [metolaclo; cloridazona; cletodima] que no se pueden utilizar en poaceas y que podrían llegar a obtener registro SAG en Cq.

De ahí es entonces, que en el último quinquenio se inicia las primeras colectas de granos de quinoa y siembras inicialmente como rellenos en sectores no utilizados del Programa de Fitomejoramiento de trigo, luego se utilizaron parcelas mayores de observación hasta implementar El Programa de Fitomejoramiento de Quinoa de INIA, y durante el ciclo agrícola 2019 20 el primer año de estudios específicamente en fitopatología de Quinoa en un estudio de secuencias de cultivos donde se incorporan a especies ya estudiadas como cebada, triticale, lupino, centeno otras alternativas al cultivo de *Triticum aestivum* como son las especies: *Fagopyrum esculentum*; *Linum utisatisimum* y **en especial QUINOA.**

Actualmente no se cuenta con estadísticas confiables de la superficie que se esta sembrando con Quinoa en Chile, en los trabajos presentados en el Congreso Mundial de Quinoa realizado en Iquique entre el 25 y el 29 de marzo de 2019, se mencionó la escuálida cifra de 700 has en todo el territorio de Chile. Al sacar al cultivo de Cq de su nicho histórico en el altiplano y limitados sectores de agricultura campesina del sur de Chile y moverlo al gran cultivo de la zona sur a potreros donde se necesita que Quinoa cubra las mismas hectáreas que los otros cultivos de la secuencia necesariamente se han hecho y harán mas evidente plagas y enfermedades que actualmente son negligibles en las pequeñas superficies de agricultura campesina.

Estudios realizado en Perú han mostrado que el Mildiu se mantienen como la principal patología y que variedades susceptibles atacadas por *Peronospora variabilis* Gaum., su agente causal y se indica que pueden perder hasta el 50 % de su producción [A. Risco, vr. Pasankalla Metalaxil vs. Testigo sin fungicida]. Por su parte Epitia 2019 en México indica que con dos aplicaciones de fungicidas no lograron controlar la enfermedad con una incidencia promedio de 47,8 %. Por su parte Bazile 2019 afirma haciendo un análisis de lo avanzado desde la celebración del año Internacional de la Quinoa

el 2013: “ No se observan cambios significativos en el modo de producción [de la Quinoa] , salvo el aumento de plagas y enfermedades en zonas de los países andinos que incrementaron en poco tiempo el área de cultivo” y en forma adicional incorpora a China en esta misma problemática. Estos antecedentes muestran que efectivamente al igual que otros cultivos que precedieron a la Quinoa al ser incorporados a los cultivos extensivos han mostrado las máximas compatibilidades Huesped – Patogeno (plaga), situación que no se evidencia cuando el cultivo se establece (semillas) con granos destinados al consumo que corresponden a una mezcla de ecotipos que llevan combinaciones genéticas variadas que le permiten expresar menor presión de enfermedades y plagas.

En este resumen se compilan resultados científicos obtenidos en el último quinquenio y se describen los estudios en marcha destinados a complementar el esfuerzo de fitomejoramiento para resistencia a Mildiu y otras patologías limitantes del cultivo de *Chenopodium quinoa*.

4 Limitaciones de origen fungoso

4.1 *Peronospora variabilis*

4.1.1 El Hongo. Pv pertenece a la clase Oomycetes y si bien especies relacionadas (*P. farinosa*; *P. parasítica*; *P. manshurica*, etc) atacan un número importante de cultivos de distintos géneros la especie Pv. tiene una alta especificidad en su relación huésped - patógeno. Los antecedentes indican que a nivel de virulencia los especímenes aislados de Cq son específicos solo de esta especie [Danielsen 2008].

4.1.2 Fitomejoramiento para resistencia. En este tema no solamente habría que referirse a mildiu, pero siendo la patología de origen fungoso mas gravitante nuestro esfuerzo ha estado centrado en aportar a esta limitante. El trabajo presentado por Estrada 2019 destaca las dificultades que presenta la búsqueda de resistencia a mildiu en quinoa a nivel mundial. Evaluaron 100 genotipos frente a aislamientos de Pv de cinco localidades en Perú mediante inoculación artificial y incubación en condiciones favorables para el patógeno. El 71 % no mostró ningún factor de resistencia, solamente 4 de ellas resultaron de interés. El Programa de Mejoramiento de Quinoa de INIA Chile ha completado el quinto ciclo de evaluación de genotipos discriminando en condiciones de infección natural desde Vallenar a Chillan las distintas colecciones de Quinoa que posee la institución. Los resultados permiten afirmar que todos los genotipos de origen Altiplano se han mostrado altamente susceptible en los ambientes Hidango – VI región y Ñuble – Ex VIII región y que las Quinoas de Costa si bien muestran moderada susceptibilidad, en ellas fue posible identificar varias líneas que se integran al posible bloque de cruzamientos para incorporar resistencia a mildiu. Para ello se ha utilizado como referencia todas las líneas que muestran mejor comportamiento que el cv. Regalona.



Imagen 181213 15h35. Comparación entre el cv. Regalona y la línea experimental “Roja INIA” que fue sometida a selección para fitomejoramiento a resistencia a mildiu en distintas zonas geográficas en tres ciclos agrícolas y se encuentra en evaluación en la empresa Orafti.

4.1.3 Control de Mildiu mediante manejo agronómico. Una de las estrategias posibles de usar es ajustar la fecha de siembra de la quinoa en las localidades donde se establezca en forma endémica la enfermedad. Hasta el momento los ensayos de siembra indican que mientras mas temprano se siembra la quinoa, mayor es la severidad de mildiú. Pero dado que la interacción genotipo de quinoa x medio ambiente resulta significativa y la enfermedad estudiada en condiciones naturales se ha mostrado errática, no es posible por el momento llegar a conclusiones. Dosis de semilla, distancia entre hileras, niveles de fertilidad han sido estudiadas pero tampoco, por la baja presión de enfermedad, es posible llegar a conclusiones en estos factores de manejo. Sin embargo para algunos genotipos ya se cuenta con información en estos factores.

4.1.4 Control de Mildiu con biopesticidas distintos a agroquímicos de síntesis. Existe una gran cantidad de recomendaciones y combinaciones de sustancias llamadas naturales que se aplican en agricultura campesina para reducir hongos en general. En sus tesis Risco explora algunas de estas alternativas aplicando el método científico y alcanza conclusiones estadísticamente comprobables.

4.1.5 Control de Mildiu con Agroquímicos de síntesis.

Una de las características histológicas principales que tiene el agente causal del mildiú *Peronospora variabilis* es que, al tratarse de un oomycete, sus membranas carecen de ergosterol. De tal manera, todos aquellos fungicidas que basan su modo de acción en la inhibición de la biosíntesis del ergosterol le resultan inocuos. En la figura se muestra la acción de cinco fungicidas en una variedad que presenta moderada susceptibilidad a mildiú en un estudio realizado en INIA Quilamapu. Efectivamente con dos aplicaciones de Ridomil (i.a. Metalaxil) y una aplicación de Zampro (i.a. Ametoctradin) se logró incrementar en 0,4 ton/ha el rendimiento de la línea, lo que corresponde a 12 % de incremento de rendimiento del testigo. Existen otras moléculas de acción fungistática y/o fungitoxicas (Carboxamidas ?; Strobilurinas ? Morpholinas ?) que tendrán que ser desarrollados en quinoa y sometidas al proceso de registro de acuerdo a la ley de pesticidas vigente en Chile (N°3557 y otros reglamentos).

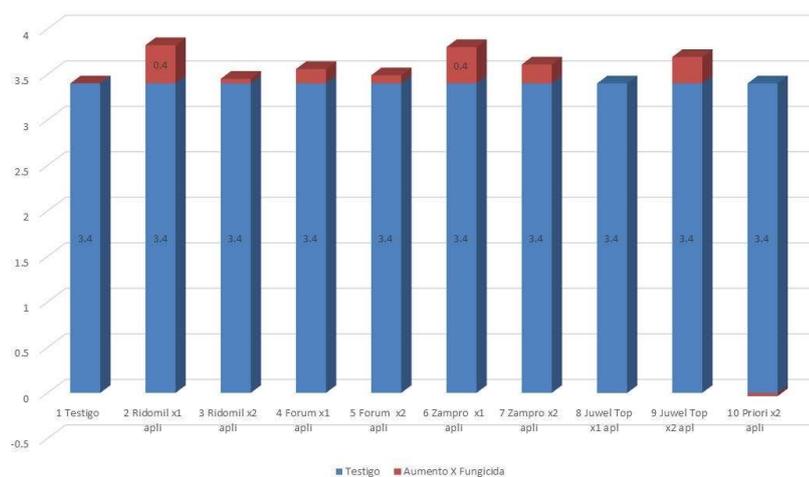


Imagen 170612 1. Rendimiento de grano (t/ha) de Quinoa línea experimental Roja Inia, a la aplicación de cinco fungicidas bajo infección natural de la enfermedad Mildiu causada por el oomycete *Peronospora variabilis*.

4.2 *Alternaria alternata*.

En el congreso mundial en Iquique, Rojas 2019 et al. presentaron un trabajo en el que atribuyen el manchado de follaje de quinoa a la especie saprofita *A. alternata*. Los resultados son de interés de momento que se trata de un organismo que habitualmente se le encuentra solo como contaminante secundario en lesiones que fueron iniciadas previamente por otros organismos. En especial es posible mencionar que dentro la fauna artropoda que visita o habita en forma permanente el cultivo de quinoa existen especies tales como los agromycidae que en su acción de prueba – succión – o bien oviposición rompen los tejidos de la quinoa dejando expuesta la endodermis a la acción de saprofitos como *Alternaria alternata*. Por otro lado es común observar lesiones preliminares de mildiú sin esporulación las cuales eventualmente es posible inducir la formación de esporangios al proveer las condiciones adecuadas de humedad y temperatura.



Imagen 170612 2. Organismos fúngicos y su frecuencia (- ausente; +++ muy abundante) observados en diez hojas de quinoa. En 9 de ellas se logró comprobar la presencia del oomicete *Peronospora variabilis*. Destaca la ausencia de *Alternaria spp.*

4.3 *Pythium aphanidermatum* como agente causal de caída [Mal del almácigo] en Quinoa.

Al revisar la literatura del cultivo de la quinoa destacan los antecedentes sobre su fortaleza y resiliencia que le permiten sobrevivir en condiciones extremadamente adversas como bajas/altas temperaturas, altos contenido de sales en los suelos, pobreza de nutrientes en el suelo y condiciones ecológicas donde muy pocas especies son capaces de perpetuarse. Sin embargo, al intentar establecer líneas promisorias de quinoa para el sur de Chile hemos observado cierta vulnerabilidad al exceso de humedad desde la emergencia hasta el desarrollo de las dos primeras hojas verdaderas. En especial en suelos que fueron ocupados en el ciclo inmediatamente anterior con Papas (*Solanum tuberosum*). Se puede ver como las semillas de quinoa se hinchan y germinan, emergen y luego colapsan dejando sectores del suelo con baja o nula población de plántulas. Al aislar la flora fungosa presente en los tejidos dañados además de los habituales *Fusarium spp.*, *Rhizoctonia solani* que son citados en la literatura aparece una especie que por la forma de sus esporangios se ajusta a *Pythium aphanidermatum* un oomycete con capacidad de formación de zooporas que encuentra un ambiente altamente favorable en suelos saturados de agua y relativamente fríos como son los que predominan en invierno y comienzos de primavera, la mejor época de siembra de quinoa, en el sur de Chile.

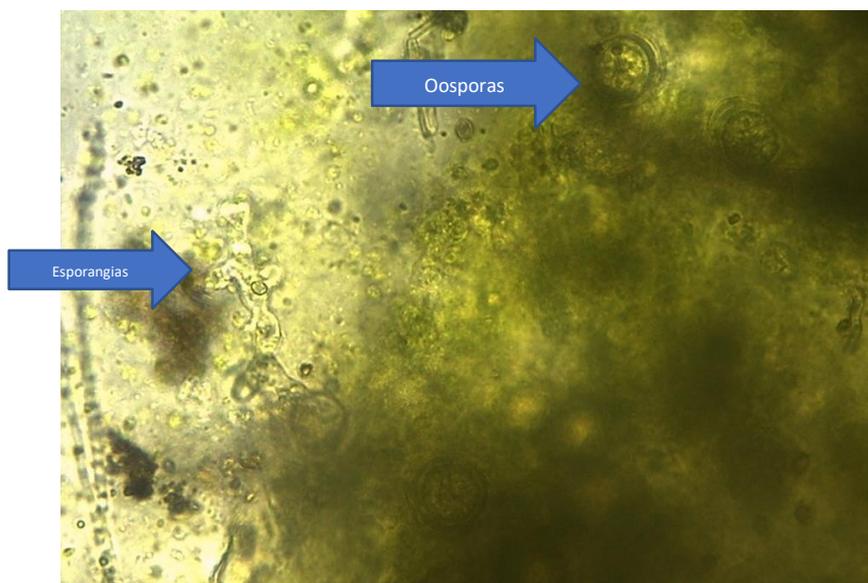


Imagen 181008 ICC50225. Cortes de cuello de plántulas de quinoa, mostrando la especie *Pythium aphanidermatum* causando daño en la emergencia de *Chenopodium quinoa* sembrada en suelos que fueron ocupados con *Solanum tuberosum* en el ciclo agrícola inmediatamente anterior. Laboratorio PNT INIA Quilamapu.

4.4 *Cladosporium herbarum*. Al igual que las especies de *Alternaria spp.*, se trata de un saprófito muy abundante en tejidos dañados por otros patógeno, daños mecánicos o insectos, pero la literatura también lo cita en quinoa, incluso actuando como un patógeno primario. En la imagen destaca el daño mecánico inicial por granizo en una muestra de quinoa de los Jardines establecidos en Tierra del Fuego, 2018. En este caso, las lesiones produjeron principalmente conidióforos y conidias polimórficas típicas de *Cladosporium herbarum*.



Imagen 180306 Hojas de quinoa procedentes de Tierra del Fuego, imagen tomada por el Dr. Jorge Ivelic muestra estudiada en Chillán, desde estos tejidos se aisló *Cladosporium herbarum*, agente causal de la enfermedad Moho Verde de la Quinoa, ve recuadro superior.

5. Limitaciones por enfermedades bacterianas.

No se sabe casi nada de estas patologías en quinoa. En Perú se cita la enfermedad tizón bacteriano o mancha bacteriana y se le atribuye a la especie *Pseudomonas sp.* la enfermedad. En los ciclos agrícolas que se lleva estudiando la quinoa - 2010 en adelante -, y luego como programa de mejoramiento, no se ha detectado ninguna enfermedad atribuible a *Pseudomonas* o *Xanthomonas* tanto en *Chenopodium album* – la quinguilla como en *Chenopodium quinoa*.

6. Limitaciones de origen viral.

En las muestras recibidas desde Orafti en Febrero de 2019 se confirmó la presencia de los cicadelidos *Empuasca spp.* y *Paratanus sp.* Ambas especies junto a los áfidos frecuentes de detectar en panojas de quinoa *Macrosiphum euphorbia* – *Myzus persicae* permiten afirmar que la relación huésped – *Chenopodium* & patógeno – virus & Vector ya sea un pulgón o un chicharrita (cicadelido), se encuentra establecida. En forma general se tiene que estar preparado para Beet Necrotic Yellow Vein Virus BNYVV; Raspberry Bushy Dwarf Virus – *Chenopodium quinoa*; Strawberry Mottle Virus SMV, este último tiene como vector a *Chaetisiphon fragaefolii*. Muestras sospechosas de virus fueron tomadas y actualmente se les está haciendo un screenig de virus en el laboratorio de virología de INIA La Platina de la Dra. Monica Madariaga. Cabe destacar que *Paratanus exitiosus* es un eficiente vector de un micoplasma que causa la enfermedad “Marchitez Amarilla” de la remolacha.

6.1 Uso del genero *Chenopodium* como planta indicadora de virus. Resulta de mucho interés la especial característica que tiene el genero, el cual tradicionalmente se le ha considerado en los set descriptores de virus. Esta información permitiría en una revisión de literatura caracterizar las muestras que se están recibiendo con síntomas atribuibles a virus a los patrones que han sido caracterizados entre virus persistentes – no persistentes, de transmisión mecánica como Tobacco Mosaic Virus, sistémicos como Bean Yellow Mosaic Virus, etc.

6.2 Caso de Agricultor Alejandro Cabello en Marchigue. En el laboratorio de fitopatología de INIA CRI Quilamapu se recibió primero desde Lolol – semilla del agricultor y luego una muestra similar desde Marchigue – semilla proporcionada por la empresa de Paredones PROMAUKA de una quinoa enferma que se caracterizaba por mostrar un buen desarrollo pero que misteriosamente colapsaba el brote de crecimiento, amarilleaba, luego terminaba necrosando y moría la panoja central pero alguno de los crecimientos secundarios de estas mismas panojas seguían desarrollándose. Se detectaba epinastia- deformación de hojas, hiperplasia de tejidos, ocasionalmente venas engrosadas con coloraciones verdes intensas que alternaban con franjas amarillas. Por la sintomatología se postuló inicialmente que se podría tratar de un virus del tipo Big Vein y se remuestreo estas sementeras y actualmente se encuentran en el laboratorio de Virología de la estación experimental La Platina. Adicionalmente se realizó una visita a terreno donde se constato algunas practicas poco comunes como fue la aplicación de 15 cubos de estiercol de pollo por hectarea incorporación y siembra, unido a una extrema sequía que le impidió al agricultor llenar sus acumuladores para riego. Sin tener la información completa se postula que mas que un ataque de virus pobablemente los ecotipos utilizados como semilla son extremadamente susceptibles al exceso de nitrógeno acentuado por la falta de agua.

7 Plagas insectiles.

Existen largas listas de insectos que visitan – se alimentan, de quinoa y que son posibles de encontrar en publicaciones recientes. Al respecto, 65 especies en siete ordenes, en 18 familia son listados por Zurita y Quiroz 2019, mientras que en el Congreso Mundial de la Quinoa Chorbadjian 2019 informa en número de especies: 19 en lepidotera; 14 hemiptera; 3 coleoptora; 1 diptera; 1 orthoptera; 2 thysanoptera y una acarina los que completan 41 especies de insectos ácaros, que el afirma se alimentan de la quinoa en Chile.

7.1 Listado de Insectos Polifagos vs monofagos (especializados en Cq). Mediante las trampas de luz es posible coleccionar un gran número de insectos que se encuentran compartiendo la canopia y rhizosphera de la Quinoa. Pero la presencia de estos no necesariamente se ajustan a lo que aceptamos como especie-plaga. Es necesario que en algunos de los estadios la especie entre en contacto con la quinoa y le sea detrimental ya sea reduciendo su capacidad de fotosíntesis caso de *Epicauta spp.* o succionando directamente los granos como *Nysus spp.* Chorbadjian 2019 et al., cita tres especies que se alimentan solamente de quinoa: *Eurysaca media* ; *Heterotrioza chenopodii* y *Coleophora versurella* información que coincide con lo citado por Zurita y Quiroz donde los autores afirman que Chile aun se mantienen libre de *Eurysacca melanocapta* y *Eurysaaca quinoae* presentes abundantemente en Bolivia y Perú y de estas larvas minadoras solamente tenemos determinada *Eurysacca media*. Cabe destacar que las especies de *Eurysacca spp.* se describen como las plagas de insectos mas dañinas en la quinoa.

7.2 Caso ORAF TI de *Asynonychus cervinus* (Coleoptera: Curculionidae) Capachito de los Frutales.



Imagen 181113 10h26. Reducción de población (izq) y plantas de quinoa (der) cortadas por larvas de *Asynonychus cervinus* : capachito de los frutales. Campo Experimental Orafti Los Angeles, Noviembre de 2018

Este es un buen ejemplo de la capacidad omnívora de una especie de insecto. Se trata de una plaga de frutales y al establecer quinoa en suelos contiguos a frutales en la zona de Los Angeles se observó una gravísima proliferación de la larva del insecto la cual redujo significativamente la población de plantas. El daño inicialmente se mostraba similar a caída, pero en visita a terreno fue posible recoger una gran cantidad de larvas las cuales fueron identificadas por el entomólogo de la empresa BioBichos Marcos Gerding.

k7.3 Caso de insectos colectados en quinoa en panoja - grano. Con fecha 12 de febrero con lapsus de días se recibieron dos muestras desde Orafti. La recibida 190212 procedía del Campex Los Angeles, cv. Regalona; fecha de siembra 12 de nov 2018, rotación maíz – quinoa y se determinó en el laboratorio de fitopatología de cereales de INIA Quilamapu: ***Epicauta pilme***: Pilme de la papa 4 especímenes; ***Asynonychus cervinus***: Capachito de los frutales 2 sp.; ***Vespidae sp.***: 1 sp; ***Empoasca sp.***: 1 sp; ***Coccinelidae*** : 1 sp y ***Liriomyza (huidobrensis ?)***: 1 sp. Con la excepción de la avispa y la chinita todos ellos estaban alimentándose de la quinoa, en especial los pilmes que mostraban gran voracidad. La segunda muestra provenía de Campex Selva Negra – Ñuble; cv. Regalona; fecha de siembra 1 de nov. De 2018; rotación maíz – quinoa y se determinó: ***Epicauta pilme***: 1 sp; ***Asynonychus cervinus***: 1 sp.; ***Leptosglossus chilensis=Anisoscelis chilensis***: Chinche de los frutales, el cual por la forma de sus patas posteriores se le conoce como *leaf foot insect*: 1 sp y el mas importante por su voracidad ***Nysius simulans***: Chinche diminuto, 1 sp.



Imagen 190212 18h17. Aspecto general de muestras recibida de Orafti desde panojas parcialmente maduras de Quinoa. A la derecha de isq. A der: *Epicauta*; *Asynonychus*; *Leptoglossus* y *Nysius*.

7.4 Caso ORAFIT de *Copitarsia concolor* (turbata),. (*Lepidoptera: Noctuidae*) Cuncunilla de las hortalizas. Identificado por BioBichos, ver informe en anexo, desde una muestra recibida desde la empresa Orafti. En el trabajo de Zurita y Quiroz 2019 se citan tres especies del lepidotero- noctuido *Copitarsia*, *C. decolora* – *incommoda* y *C. turbata* pero no está citada *C. concolor*. Las pérdidas económicas por la voracidad de estas larvas junto con las polillas *Eurysacca spp.* puede llegar a 30 % en quinoa.

8 Líneas de Investigación en desarrollo:

8.1 Determinación de la carga de *Peronospora variabilis* en los granos de *Chenopodium quinoa* actualmente transados como semillas en Chile.

Las oosporas del patógeno se establecen en el pericarpio de los granos de quinoa desde donde, dadas las condiciones de temperatura y humedad, es capaz de iniciar un nuevo proceso de patogénesis a medida que el grano germina y desenvuelve las hojas cotiledonales, en las cuales de acuerdo a Danielsen 2008 es posible detectar el desarrollo de esporangias y esporangiosporas. Risco 2014, en su evaluación del mildiu en quinoas de Perú muestra que los granos cosechados llevan una alta carga de oosporas de la enfermedad a pesar de los tratamientos de control aplicados. El mismo resultado lo muestra Mercado 2001 donde muy pocos cultivares del total evaluados se encontraban libre de oosporas del patógeno.



Imagen 190215 11h30. Germinación de semillas de *Chenopodium quinoa* para la detección de *Peronospora variabilis* en lab. PNT INIA Quilamapu.



Imagen 190308 9h26. Germinación de semillas de *Chenopodium quinoa* y *Chenopodium album* en mini-cámaras húmedas para la detección de los niveles de contaminación de la semilla con el agente causal del mildiu *Peronospora variabilis*.

Resultados: Se logró buena emergencia de granos de quinoa tanto en macetas como en papel secante con granos de diferentes localidades, tiempo de guarda, en el protocolo de papel y cámara húmeda donde se logró visualizar en forma individual las hojas cotiledonales. El próximo desafío es trabajar con una mayor número de semillas, especialmente proveniente de plantas que estuvieron afectadas por mildiu y confirmar o rechazar la hipótesis de que el hongo es capaz de perpetuarse a través de los granos utilizados como semillas.

8.2 El ciclo de vida de *Peronospora variabilis* en la zona sur. Observación directa y toma de muestras en los ensayos de campo del Programa de Mejoramiento Genético de Quinoa.

Resultados: La última semana de Agosto Ciclo 2017 y 2018 fue posible detectar síntomas y signos de Mildiu en las especies *Chenopodium album* y *Polygonum aviculare* (Solo identificación)

preliminar, por confirmar). No obstante encontrarse quinoa sembrada de 5 cms de altura con sus hojas verdaderas desarrolladas, no se observó en este momento síntomas y signos de mildiu y tampoco de otras enfermedades. La última semana de Septiembre dependiendo de la fecha de siembra fue posible detectar síntomas y signos de la patología Mildiu y esporangias activas. Esto ocurre en genotipos altamente susceptibles como el cv. Regalona.

8.3 Rol de *Chenopodium album* , y otras especies como huésped de *Peronospora varabilis* en los diferentes ecosistema – suelos rojos de Mulchen vs. Trumaos fértiles San Carlos vs Secano Cauquenes.

8.4 Aplicación de saponinas de Quinoa en el control de patologías de trigo y candel de cuyos agentes causales el laboratorio de fitopatología de cereales de Quilmapu cuenta con colecciones de aislamientos viables para ser evaluados.

8.4.1 Como desinfectante de semillas en Trigo y otros cereales, incorporadas en semillas píldoras de *T.aestivum/turgidum*; *Triticosecale* controlando *Tilletia foetida*; *Ustilago tritici*; *Fusarium culmorum/graminearum* , ataques tempranos de *Mycosphaerella graminicola*.

8.4.2 Como control mediante aspersiones foliares de Septoriosis de la hoja enfermedad causada por el ascomicete *Mycosphaerella graminicola*;

8.5 Estudio de secuencia de cultivos para trigo, en un suelo en que se presenta Mal del Pié,



utilizando quinoa – trigo sarraceno – lino. Las características pivotantes de la raíz de quinoa y su falta de susceptibilidad a *Gaeumannomyces graminis var. tritici* nos motivó a establecer este estudio de secuencias de cultivo que se espera mantener por un quinquenio en INIA Campo Exp. Santa Rosa. Las secuencias serán sembrar las especies en años alternados para establecer trigo el año siguiente y estudiar los patógenos de la rizosfera.

Imagen 191212 9h38. I Ciclo de cultivos del estudio de rotaciones en el campo experimental INIA Santa Rosa destinado al estudio de raíces de tres especies *Fagopyrum esculentum*; *Linum utisattisitim*; *Chenopodium quinoa* a rotar con trigo hexaploide cv. Pantera INIA .

9 ANEXOS

9.1 Reproducción del informe Empresa BioBichos 1: Determinación de *Asynonychus cervinus* [Capachito de los Frutales] en *Chenopodium quinoa*.

INFORME IDENTIFICACIÓN LARVA

Las larvas colectadas en el pedio de Orafti en Los Angeles corresponden a la especie *Asynonychus cervinus*, (Coleoptera: Curculionidae), nombre común Capachito de los frutales. Corresponde a una especie cosmopolita, que en Chile se distribuye desde la región de Arica y Parinacota hasta la región de los Lagos.

Desde el punto de vista agrícola, el daño lo produce principalmente la larva al alimentarse de la corteza de las raíces y raicillas en el suelo, el adulto se alimenta del follaje y brotes, los adultos están presentes desde noviembre hasta marzo. A pesar de ser considerado muy polífago, no se le menciona sobre Quinoa, quizás por no ser este un cultivo tradicional. Su control se puede efectuar al momento de la siembra aplicando hongos entomopatógenos, o bien insecticidas junto a la semilla.

La muestra de larvas analizadas tenía un 30% de larvas muertas, probablemente por bacterias.



Marcos Gerding Paris
Ingeniero Agrónomo, Entomólogo, MSc

Biobichos limitada

Chillán, 15 de noviembre de 2018

9.2 Reproducción del informe Empresa BioBichos 2: Determinación de *Copitarsia concolor*

[Cuncunilla de las hortalizas] en *Chenopodium quinoa*.

INFORME IDENTIFICACIÓN LARVA

Las larvas colectadas en el pedio de Orafti en Los Angeles corresponden a la especie *Copitarsia concolor (turbata)*, (Lepidoptera: Noctuidae), nombre común Cuncunilla de las hortalizas. Corresponde a una especie cosmopolita, que en Chile se distribuye desde la región de Arica y Parinacota hasta la región Aysen.

Desde el punto de vista agrícola, el daño lo produce la larva al alimentarse del follaje, el adulto no se alimenta y están presentes desde octubre hasta marzo. A pesar de ser considerado muy polífago, no se le menciona sobre Quinoa, quizás por no ser este un cultivo tradicional. Su control es variado puede usarse enemigos naturales, insecticidas de contacto.

Marcos Gerding Paris
Ingeniero Agrónomo, Entomólogo, MSc

Biobichos limitada

Chillán, 15 de noviembre de 2018

9.3 Consulta Pública SAG.

Consulta para discutir la norma Chilena de certificación semillas de *Chenopodium quinoa*.
Extracto.

Conexión Internet 17 de abril 2019 en : www.sag.gob.cl_consulta_publica_quinoa

7.4.2. Se rechazará todo semillero que exceda las siguientes tolerancias máximas expresadas en porcentajes de plantas:

Cuadro 4. Tolerancia de plantas fuera de tipo

Categoría	Plantas fuera de tipo
Pre básica / Básica	3/100 m
Certificada	5/100 m

7.5. Plagas transmisibles por semillas.

Se rechazará todo semillero que presente en las inspecciones de campo, más de un 0,1 % de plantas afectadas por Mildiú (*Peronospora farinosa*)



8. COSECHA, SELECCIÓN Y ETIQUETADO.

8.1. Durante todo el proceso de cosecha, transporte, selección y etiquetado, el productor deberá mantener un manejo ordenado de la semilla e identificada a través de documentos que lo acrediten.

8.2. El Productor deberá informar al Servicio, la cantidad total de semilla cosechada antes de la inspección del primer lote.

9.4 . Mildiu de la Quinoa se transmite por semilla en Perú.

Reproducción del anexo 18 de la tesis de grado de Risco 2014, en la que muestra el nivel de contaminación detectada en los granos de quinoa de Perú cv. Pasankalla en un estudio en que se aplicaron nueve estrategias de control de mildiu.

Anexo 18: Número de Oosporas de *P. variabilis* en cuatro observaciones contadas en cubreobjetos de 22 x 22 mm. La Molina 2013.

Trat.	Bloque	Oosp. Contadas				Prom.	Nº de Oosporas/ kg de semilla
		m1	m2	m3	m4		
FP	I	0	1	1	2	1.0	6000.0
FP	II	2	1	1	1	1.3	8000.0
FP	III	0	1	1	1	0.8	4500.0
KO	I	3	4	0	4	2.8	16500.0
KO	II	4	2	0	5	2.8	16500.0
KO	III	2	0	1	4	1.8	10500.0
E	I	2	0	1	0	0.8	4500.0
E	II	0	0	2	2	1.0	6000.0
E	III	1	1	1	0	0.8	4500.0
A	I	0	2	4	2	2.0	12000.0
A	II	4	0	1	0	1.3	7500.0
A	III	1	2	1	0	1.0	6000.0
FP+E	I	2	0	3	0	1.3	7500.0
FP+E	II	2	1	0	1	1.0	6000.0
FP+E	III	2	0	1	1	1.0	6000.0
KO+E	I	1	1	1	2	1.3	7500.0
KO+E	II	0	2	1	3	1.5	9000.0
KO+E	III	2	0	0	0	0.5	3000.0
FP+A	I	2	0	0	0	0.5	3000.0
FP+A	II	1	1	0	0	0.5	3000.0
FP+A	III	1	0	1	1	0.8	4500.0
KO+A	I	3	3	2	3	2.8	16500.0
KO+A	II	5	3	2	2	3.0	18000.0
KO+A	III	2	3	3	1	2.3	13500.0
TM	I	0	1	0	2	0.8	4500.0
TM	II	1	0	2	0	0.8	4500.0
TM	III	0	0	1	0	0.3	1500.0
T	I	2	3	2	5	3.0	18000.0
T	II	3	3	1	3	2.5	15000.0
T	III	5	3	3	2	3.3	19500.0

m:muestra

En el trabajo de control de mildiu de Risco 2014 se confirma, por un lado la capacidad que tiene el patógeno Pv para establecerse en los granos cosechados de quinoa, y por otro que efectivamente solo los tratamientos de control que incorporan Metalaxil reducen en forma significativa, aunque no lo erradican, la presencia de las oosporas en los granos. El menor valor observado corresponde a 1500 oosporas por kg de semilla mientras que una de las obs. de TM alcanzó 19500 oos/kg sem.

9.5 El Cultivo del Alforfón.

Fagopyrum lo hemos cultivado como planta melífera y bella en sectores del programa de fitomejoramiento de trigo mas como una curiosidad, dado que se le llamaba trigo sarraceno. Solo en los últimos años apareció un tímido interés en ampliar su siembra como un cultivo. El ecotipo que se ha mantenido por décadas en el PNT INIA Quilamapu se ha mostrado como extremadamente sano y solo se puede mencionar esta amarillez que se presenta en plantas aisladas. Por los síntomas en el follaje y la distribución en el campo se postula que se trata de una patología viral o bien podría tratarse de Aster Yellow, causada por un micoplasma.



Imagen 181214. Síntomas de virus tipo calico en la especie *Fagopyrum esculentum* – trigo sarraceno o alforfón en el estudio sobre comportamiento de su masa radicular previo a siembras de trigo

10 Literatura

Anónimo 2019. Proyecto Norma de Quinoa Consulta pública.docx Internet conexión 190415
https://www2.sag.gob.cl/sag_al_día/consultas_publicas/

Bazile D. et al. 2019. Cinco años después de la celebración del año internacional de la Quinoa. Abstract página 24 Proceeding de VII Congreso Mundial de la Quinoa. Iquique, Chile Marzo de 2019.

Chorbadjian, R.A. et al. 2019. Riqueza de especies y patrones de distribución geográfica de artrópodos plaga de la quinoa en Chile. Abstract pagina 81, Proceeding de VII Congreso Mundial de la Quinoa. Iquique, Chile Marzo de 2019.

Danielsen, S., Ames, T. 2008. El mildiú de la quinoa en la zona andina (*Peronospora farinosa*). Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. <http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2008/QP/QP0701.XML;QP2007000024>

Epitia R.E. et al. 2019. Caracterización de germoplasma de *Chenopodium spp.* en México. Abstract pagina 19 Proceeding de VII Congreso Mundial de la Quinoa. Iquique, Chile Marzo de 2019.

Estrada R.E. et al. 2019. Identificación de fuentes de resistencia a *Peronospora variabilis* Gaum. En accesiones de Quinoa de la EEA Andenes Cusco. Abstract pagina 36 Proceeding de VII Congreso Mundial de la Quinoa. Iquique, Chile Marzo de 2019.

Mercado, V.H. 2001. El mildiú de la quinoa y su transmisión por medio de semilla. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú. 55 p.

Risco M. A. 2014. Severidad de *Peronospora variabilis* Gaum. En *Chenopodium quinoa* Willd. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes. Tesis de Magister Universidad Agraria La Molina, Perú.

Rojas – Bertini et al. 2019. Prevalencia y severidad de *Alternaria spp.* en 45 genotipos de quinoa bajo condiciones del secano costero de la región de O'Higgins. Abstract pagina 82 Proceeding de VII Congreso Mundial de la Quinoa. Iquique, Chile Marzo de 2019.

Zurita A. y Quiroz C. 2019. Plagas y enfermedades en el cultivo de la Quinoa capítulo 7. En "El Cultivo de la Quinoa en Chile." , ed. Ivan Matus, Boletín INIA N° 362 . ISSN0717 – 4829.