

# REVISTA DE AGRICULTURA

NÚMERO ESPECIAL DEDICADO A LA FUNDACIÓN PROINPA  
EN EL MARCO DE TRABAJO CON *CHENOPODIUM QUINOA* EN BOLIVIA

## Contenido

### ACTUALIDAD NACIONAL:

Economía de la quinua: Perspectivas y desafíos. *Jorge Blajos; Norka Ojeda; Edson Gandarillas; Antonio Gandarillas* (pp. 3-10)

El rol actual y potencial de las q'ila q'ila (*Lupinus* spp.) en sistemas de producción sostenible de quinua. *Alejandro Bonifacio; Genaro Aroni; Milton Villca; Patricia Ramos; Miriam Alcon; Antonio Gandarillas* (pp. 11-18)

Enfermedades más importantes que afectan al cultivo de la quinua en Bolivia. *Giovanna Plata; Antonio Gandarillas* (pp. 19-28)

### DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS:

Generación de variedades de quinua en un contexto de mercado y cambio climático. *Alejandro Bonifacio; Amalia Vargas; Genaro Aroni* (pp. 29-35)

Complejo de parasitoides asociado a la polilla de la quinua - Plaga clave del cultivo en el Altiplano Boliviano. *Reinaldo Quispe; Raúl Saravia; Miguel Barrantes* (pp. 36-45)

Lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano: Actualización taxonómica. *Raúl Saravia; Reinaldo Quispe; Luis Crespo* (pp. 46-52)

Bacterias asociadas al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano y su potencial biotecnológico. *Noel Ortuño; Mayra Claros; Claudia Gutiérrez; Marlene Angulo; José Castillo* (pp. 53-61)

Síntesis y desarrollo de feromonas sexuales para dos noctuides, plagas clave del cultivo de la quinua. *Raúl Saravia; Luis Crespo; Reinaldo Quispe; Milton Villca* (pp. 62-67)

Difusión masiva de la estrategia del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en quinua. *Vladimir Lino; José Olivera; Raúl Saravia; Reinaldo Quispe, Edson Gandarillas, Luis Crespo* (pp. 68-72)

Los arbustos nativos y las perspectivas de su contribución a la sostenibilidad de la producción de quinua. *Alejandro Bonifacio; Genaro Aroni; Milton Villca; Miriam Alcon; Patricia Ramos; Liz Chambi* (pp. 73-83)

Conformación de la colección núcleo de *Chenopodium quinoa* Willd. (quinua) de Bolivia con datos morfológicos y moleculares. *Silene Veramendi; Ximena Cadima; Milton Pinto; Wilfredo Rojas* (pp. 84-91)

Potenciales usos de la diversidad genética de la quinua en la agroindustria: Oportunidades y desafíos. *Wilfredo Rojas; Milton Pinto; Amalia Vargas* (pp. 92-99)



### Instituciones responsables de la presente publicación:

Instituto de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, "Martín Cárdenas" (UMSS).

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS).

Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA).



**Foto de la portada:**

Cultivo de Quinoa Real en el  
Altiplano Sur de Bolivia

Fundación PROINPA

**Comité Revisor / Editor  
Revista de Agricultura:**

Ing. Agr. MSc. Fimo Alemán

Ing. Agr. MSc. Edgar Gutiérrez

Ing. Agr. Ruddy Meneses

Ing. Agr. PhD. Antonio Gandarillas

Ing. Agr. PhD. Julio Gabriel

**Comité Revisor PROINPA**

Ing. Agr. MSc. Jorge Blajos

Ing. Agr. PhD. Edson Gandarillas

Ing. Agr. MSc. Ximena Cadima

Lic. Samantha Cabrera

**Coordinador de Producción**

Ing. Agr. MSc. Hernán Campos

**Traducciones**

Ana María Cortez

**Pre - diagramación**

Ing. Agr. Ruddy Meneses A.

**Artes y diagramación**

Lic. María Isabel Soliz

**Impresión**

Impresiones Poligraf

**Tiraje:**

1000 copias

## EDITORIAL

### La quinua, un don de Dios del pasado, presente y futuro

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), un producto agrícola andino milenario, que seguramente pasó por diferentes procesos para satisfacer el hambre de los habitantes andinos, también ha pasado por una serie de acciones técnicas que van desde la recolección e identificación del germoplasma hasta la poscosecha y su transformación.

Hace medio siglo, la quinua era de consumo cotidiano para las poblaciones andinas en diferentes formas, como la *phisara*, el *phiri*, el *chaque*, la *kispiña*, la *mucuna*, la *q'usa* (chicha), *chiwa* y otras exquisiteces que satisfacían las necesidades nutricionales humanas; de esta manera, las familias del campo, los mineros y otros grupos sociales, tenían en la mano un grano de oro de alta riqueza. Por esos años, si bien su consumo era menor en las ciudades, a tal punto que hubo generaciones que ni siquiera probaron este alimento, a la fecha este grano es codiciado por el Mundo. Esta tendencia causa un acelerado incremento del área cultivada con quinua en Bolivia (actualmente con más de 100 mil hectáreas), atentando a ecosistemas frágiles al eliminar vegetación nativa, lo que conlleva a un desequilibrio del nivel trófico referente, por ejemplo, a la alimentación de camélidos y otros animales silvestres, ignorando que el todo es parte del todo, corriendo riesgos de acelerar procesos de desertificación.

Para enfrentar este panorama, muchas instituciones generan tecnología y difunden conocimientos y saberes. Es el caso de la Fundación PROINPA, la cual, en el presente número de la Revista de Agricultura, presenta destacados resultados de trabajos de investigación que deberían servir para delinear políticas a nivel nacional y para sentar las bases de una estrategia de formación e investigación aplicada, de tal forma que el cultivo milenario se enfoque en tres aspectos: que sea accesible para el vivir bien, que sea rentable para no frustrar a los agricultores y todo el complejo productivo y fundamentalmente que sea sostenible para alcanzar una efectiva seguridad alimentaria en el país.

**Fimo Alemán Daza**  
**Presidente Comité Editor**  
**Revista de Agricultura**

## REVISTA DE AGRICULTURA

Los Editores han sido muy cuidadosos en reproducir rigurosamente los artículos publicados en esta Revista. Sin embargo, las ideas y opiniones contenidas en dichos artículos, son de entera responsabilidad de los autores y no representan, necesariamente, los puntos de vista de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas", de la Universidad Mayor de San Simón.

Se permite la reproducción total o parcial y por cualquier medio, de los artículos de la presente Revista, siempre y cuando se cite la fuente.

## Presentación

Para las instituciones que trabajamos en el desarrollo agrícola y tecnológico, la quinua representa un caso de éxito pero al mismo tiempo motivo de preocupación. Se han logrado indicadores de producción, procesamiento y exportación que han superado cualquier expectativa, generando importantes recursos para el país, principalmente para los agricultores.

Existe preocupación en todos los actores de la cadena de la quinua, incluyendo el gobierno central, en lo que se refiere a la sostenibilidad y cómo pasar de un éxito coyuntural conocido como “boom de la quinua” a un éxito sostenido en el tiempo.

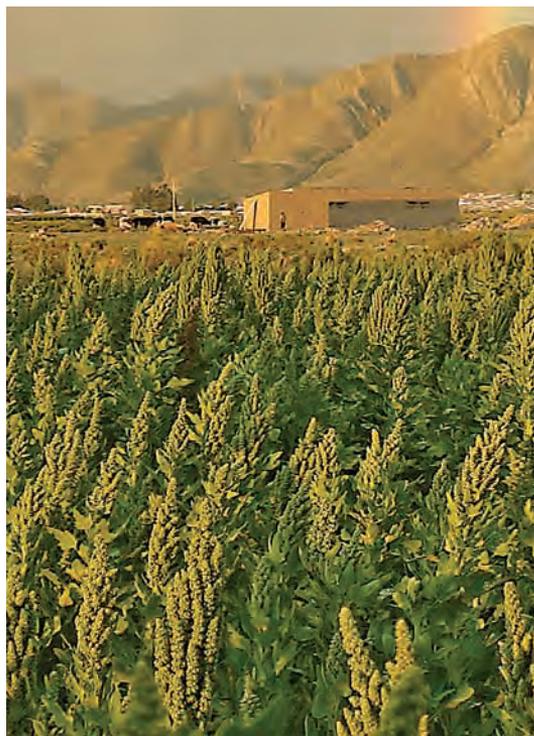
Uno de los elementos claves para lograr la sostenibilidad de la producción es el desarrollo de tecnología, en este entendido, la Fundación McKnight y DANIDA han invertido y confiado en la Fundación PROINPA para contribuir a este cometido.

En el presente número de la revista, se resumen varios trabajos de investigación generados por PROINPA, orientados a mejorar la eficiencia de la producción con una visión integral del paisaje y del sistema de producción de la quinua, el manejo integrado de plagas, el uso de variedades y semillas y otros.

Esperamos que estos artículos contribuyan al conocimiento de la quinua en Bolivia y el mundo y que sean útiles para una agricultura más sostenible y productiva en beneficio de los agricultores del altiplano boliviano.

Ing. César Villagómez Villarroel PhD. (c)  
Presidente de la Fundación PROINPA

## Cultivos de quinua en Bolivia



# Economía de la quinua: Perspectivas y desafíos

Jorge Blajos; Norka Ojeda; Edson Gandarillas; Antonio Gandarillas

*Fundación PROINPA*

*E mail: j.blajos@proinpa.org*

**Resumen.** La quinua se ha constituido en el principal rubro de exportación no tradicional de la región andina del país, lo que ha permitido que miles de familias mejoren sus ingresos, condición fundamental para el desarrollo de un país. La producción y los precios de la quinua están creciendo a un ritmo muy acelerado, lo que pone en riesgo la propia sostenibilidad de su producción y competitividad. La pérdida en el rendimiento de la quinua, es uno de los indicadores claros de la situación, y de las implicancias sobre la pérdida de competitividad e insostenibilidad de su producción. Se plantea la urgencia de unir esfuerzos para mejorar la productividad, revirtiendo la tendencia negativa, esto como una de las principales acciones para promover que los beneficios que está generando la quinua para miles de familias de productores, sean duraderos.

**Palabras clave:** Exportaciones; Competitividad; Sostenibilidad

**Summary. Quinoa economy: Perspectives and challenges.** Quinoa has become the line item one of non-traditional Andean country's exports, which has allowed that thousands of families improve their income, a crucial condition for a country's development. The production and quinoa prices are moving forward at an accelerated rate, causing the sustainability of its production and competitiveness might be at risk. The loss in quinoa yield is one of the clearest indicators of the situation, and the implications about the competitiveness loss and unsustainable production, as well. This proposes the urgency of joining efforts to improve the productivity, reversing the negative trend, as one of the major actions to promote that benefits generated by quinoa for thousands of farming families, are durable.

**Keywords:** Exports; Competitiveness; Sustainability

## Antecedentes

El desarrollo económico de un país es una condición necesaria pero no suficiente para que exista un desarrollo humano, entendido éste como un desarrollo general de la persona, en todas sus dimensiones (Guerra, 2012).

Con el fin de promover el desarrollo económico, los países establecen políticas que comprenden medidas para incentivar las exportaciones. En la medida que un país desarrolla sus capacidades para exportar bienes y servicios, genera

ingresos (capta divisas) y fortalece su sistema económico, ya que las exportaciones impulsan la demanda de factores de producción, principalmente de mano de obra, creando fuentes de empleo.

Generalmente los países clasifican las exportaciones en tradicionales y no tradicionales, haciendo referencia a la historia y su importancia en la economía. En el caso de Bolivia, la exportación de alimentos se considera no tradicional, principalmente porque es reciente en el contexto de la economía nacional.

Entre las exportaciones no tradicionales, destaca la soya y derivados, que representan un valor de 685 millones de dólares al año. Las estadísticas de exportación de productos no tradicionales muestran que la región andina, y particularmente la región del altiplano, tienen una participación menor; sin embargo destaca la exportación de quinua, la cual, con 153 millones de dólares en el año 2013 se constituye en el principal rubro de exportación de la región andina y el Altiplano Boliviano.

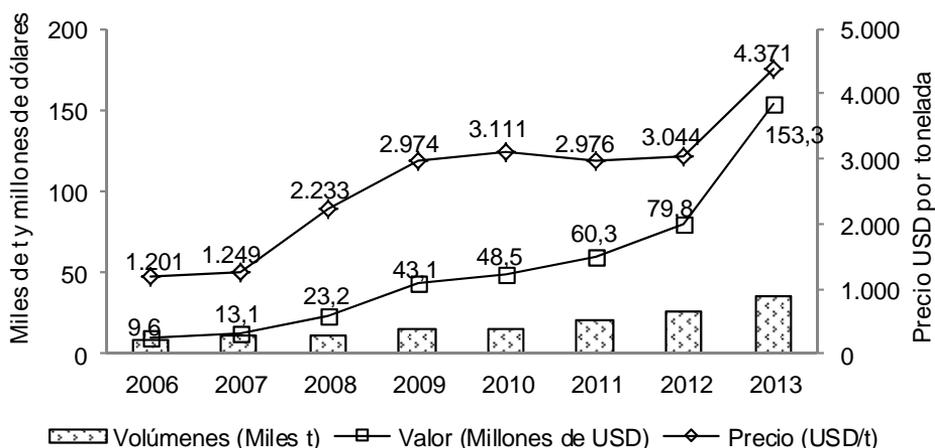
Para que un bien o servicio sea exportado, debe tener ventajas comparativas. En el caso de la quinua estas ventajas se expresan en la calidad nutritiva del grano, el hecho que no contiene gluten y en la exclusividad de la producción de Quinua Real y orgánica.

## Evolución de las exportaciones de quinua boliviana

Según datos proporcionados por el Viceministerio de Desarrollo Rural y Tierras (VDRMT), los volúmenes de ex-

portación de quinua en el año 2013, han superado las 35 mil toneladas, cifra que equivale a más de 153 millones de dólares, esto representa un incremento del 33% del volumen con relación al año 2012 y más del 90% del valor de las exportaciones de quinua, también con relación al año anterior. El precio FOB (libre a bordo por su nombre en inglés) mostró un máximo histórico el año 2013 (6.000 USD/t en noviembre) superando en promedio los 4.300 dólares por tonelada, monto que el año 2006 alcanzaba 1.200 USD/t (Figura 1).

La Figura 1 resalta la tendencia creciente del valor de las exportaciones de quinua, cuya variable principal fue el precio, generando un incremento significativo en el valor de las exportaciones nacionales de quinua (Gandarillas *et al.*, 2014) e impulsando a la vez la producción de este grano, no solo en Bolivia, sino también en diferentes países que ven en la quinua una oportunidad de negocio que tiende a crecer, reflejado en el incremento de la demanda internacional.



**Figura 1.** Precio, cantidades y valor de las exportaciones de quinua en Bolivia (Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, IBCE, VMDRT y CABOLQUI)

## Evolución de la producción de quinua en Bolivia

La producción de quinua en Bolivia ha experimentado un incremento significativo en la última década, de una producción de 23.000 toneladas en el año 2000, al año 2013 se superan las 61.000 toneladas (Figura 2).

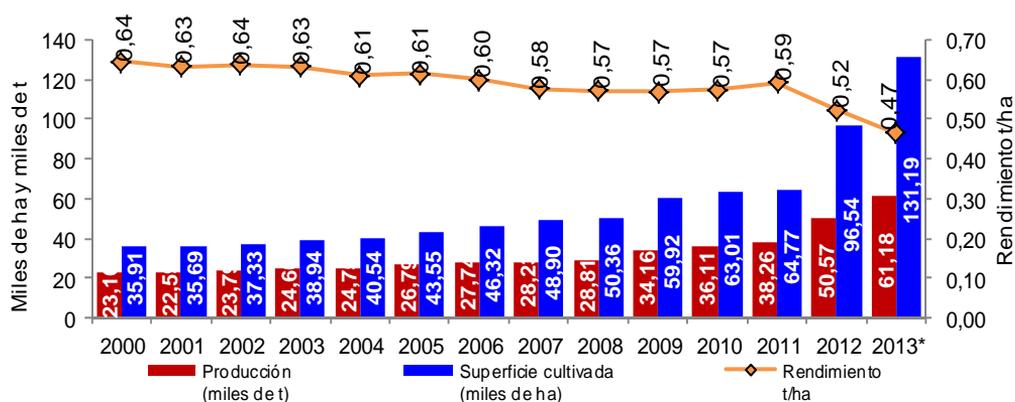
Dichos volúmenes de producción, han significado también un incremento en la superficie cultivada, que va de casi 36.000 hectáreas en el año 2000 a más de 130.000 mil hectáreas para el año 2013 (Gandarillas *et al.*, 2014).

Este aumento considerable de la superficie, se explica por el *boom* que ha ocasionado el aprecio de los consumidores a nivel mundial, de un alimento con las características de la quinua. Se suma a esto la declaración del *Año Internacional de la Quinua* por la Naciones Unidas, que tras una serie de eventos nacionales e internacionales de promoción, ha logrado posicionarla entre los alimentos de mayor estándar culina-

rio, ocasionando un fuerte incremento en la demanda externa de este producto.

La cantidad producida se ha incrementado debido a la ampliación de la superficie cultivada, en tanto que el rendimiento refleja una clara tendencia a disminuir (Figura 2) (Gandarillas *et al.*, 2014).

Las prácticas agrícolas, la poca o nula reposición de la fertilidad del suelo, la intensidad de los efectos negativos del cambio climático, la dinámica poblacional de las plagas y enfermedades y el uso de grano como semilla, son los elementos que explican la tendencia negativa del rendimiento. Este hecho, además del considerable incremento en los precios de venta, ha impulsado la generación de tecnología y variedades que se adapten a otras regiones del país con clima benigno para la producción de quinua; sin embargo, el Altiplano Sur de Bolivia continúa siendo la región de mayor producción quinuera en el país, donde se estima que más de veinte mil familias viven de la producción y comercialización de quinua.



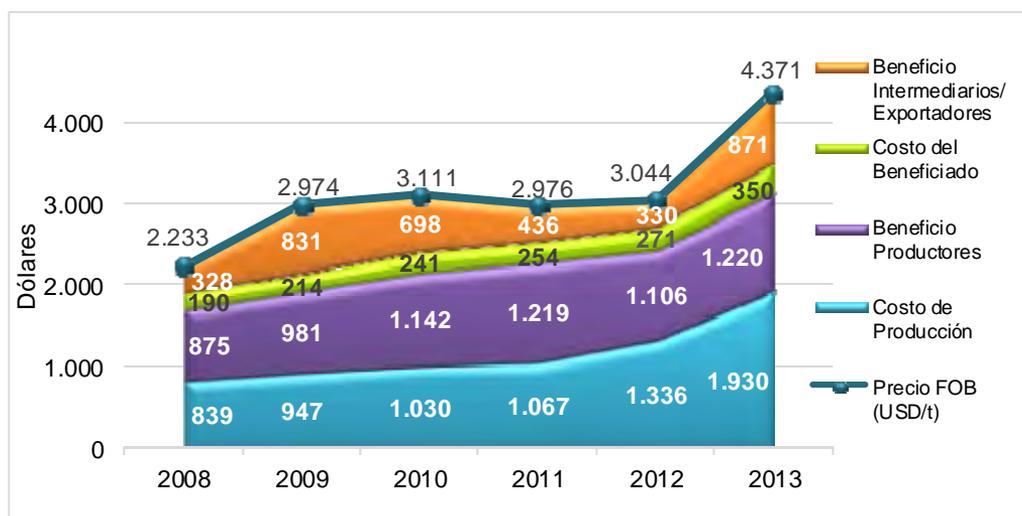
**Figura 2.** Producción, superficie y rendimiento de quinua en Bolivia (Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE, IBCE, VMDRT y CABOLQUI)

## Efectos económicos del boom de la quinua

Un aspecto importante dentro de toda esta coyuntura, es el efecto económico que el boom de la quinua ha generado en todos los eslabones de la cadena. Así, productores, acopiadores, intermediarios y empresas exportadoras, se han beneficiado con el aumento del precio y la demanda internacional de quinua. En el caso específico de las familias productoras de quinua, si bien sus costos unitarios de producción se han visto incrementados, principalmente debido a una tendencia decreciente en el rendimiento, la creciente subida de los precios del mercado de exportación, ha permitido que sus ingresos permanezcan estables e incluso aumenten, brindándoles la oportunidad de mejorar e implementar tecnología moderna para mejorar su producción, y a la vez la calidad de vida de estas familias (Figura 3).

En la Figura 3 también se observa una aproximación de los beneficios que obtienen los diferentes actores de la cadena y los principales costos en los que incurren; se evidencia que la baja en la rentabilidad de la producción de quinua, en los últimos años, ha tenido un considerable efecto en los costos unitarios de producción por tonelada, hecho que ha generado una alza en los precios del mercado interno, así como en el precio de exportación.

Este hecho obliga a los agricultores a incrementar las superficies de cultivo, insumos (principalmente químicos) y esfuerzos para conservar los volúmenes de producción, que les permitan mantener sus niveles de bienestar. A esto se suma el hecho que la ampliación de la superficie cultivada, va en desmedro de otros rubros, tales como la ganadería (cría de camélidos), poniendo en riesgo el balance del ecosistema local.



**Figura 3.** Relación de costos y distribución de beneficios USD/t  
(Fuente: Elaboración propia en base a datos del IBCE, VDRA e información primaria de costos de producción)

Este hecho se constituye en un reto para las autoridades locales, instituciones y las mismas organizaciones de productores de quinua, quienes a la fecha se encuentran validando estrategias de manejo del cultivo, que les permita mantener y mejorar sus condiciones de vida, así como el ecosistema local.

Según Avitabile (2013), el incremento en el precio de la quinua ha permitido que las familias productoras mejoren sus condiciones de vida, tengan mayor acceso a los servicios básicos, y aumenten sus posibilidades de educación. Asimismo, indica que si bien el consumo de quinua ha disminuido en la región del Altiplano Sur, la dieta de las familias productoras se ha diversificado, teniendo ahora acceso a alimentos como frutas y verduras, que antes no era posible, principalmente por problemas económicos y geográficos. Pese al alza del precio de la quinua, el 70% de las familias entrevistadas en el estudio realizado por Avitabile, mencionó que consume quinua entre 2 a 4 veces por semana.

Al parecer también existe en los productores, motivaciones de tipo social que han privilegiado otros productos en sus dietas. En muchos casos, los productores actuales de quinua, sobre todo los que concentran mayores extensiones de tierra y de medios productivos, han vivido procesos migratorios recientes. Muchos de ellos han vuelto a sus comunidades gracias al auge de la quinua, y no se quedan a vivir en las zonas productoras, sino que son ahora “comunarios residentes”. Los procesos migratorios han jugado un papel importante, modificando los hábitos alimenticios de los productores residentes, quienes buscan ahora una alimentación similar que la que tenían en las ciudades (Pacheco *et al.*, 2014).

Por otra parte, es necesario considerar que durante mucho tiempo, la quinua era el principal alimento de las zonas productoras, y muchos productores, ante la facilidad que tienen actualmente de variar su dieta, optan por otros alimentos a los que antes no podían acceder. Esta facilidad de acceso a una variedad de alimentos es bastante evidente en la región intersalar. Las personas que han trabajado en esta zona por varios años, advierten la cantidad de tiendas, pequeños restaurantes y pensiones que se han abierto en la región en los últimos años, lo que junto con el mejoramiento de las vías de comunicación, y el mayor poder adquisitivo de la población, ha incrementado mucho la oferta de alimentos y su variedad (incluyendo alimentos procesados).

Un aspecto relacionado al *boom* de la quinua, ha sido la generación y consolidación de la industria exportadora. En este sentido, en los últimos años se ha evidenciado el incremento de empresas legalmente establecidas que contribuyen a mejorar la calidad del grano (beneficiado) y la apertura de nuevos y mejores canales de comercio, facilitando la exportación de la quinua y mejorando las condiciones de compra y abastecimiento de insumos para el productor. Algunas empresas han incursionado en la elaboración de productos a partir de harina y hojuelas de quinua, abriendo un nuevo canal de comercialización hacia el mercado internacional y generando mayor valor agregado. Otro actor que se ha incrementado a la cadena, es el eslabón de los acopiadores. Antes, eran los productores quienes llevaban su producción directamente a las empresas, ahora hay una población que se dedica al acopio del grano (tanto en fincas como en mercados populares) y que también ha contribuido con el alza de precios y con el

incremento del comercio informal de quinua. Esta situación ha obligado a las empresas a realizar mayores inversiones para mantener sus compromisos de venta, innovando mecanismos de fidelización entre los productores e incursionando en producción de quinua propia.

Hasta este punto del análisis, se mencionó los efectos del *boom* de la quinua en los actores directamente vinculados a la cadena; sin embargo, también se ha observado cambios en la dinámica nacional del consumo de quinua, el cual según datos del Viceministerio de Desarrollo Rural y Agropecuario (VDRA), el consumo *per cápita* de quinua se ha incrementado de 0.35 kilogramos en el año 2008, a 1.11 kilogramos para el 2012 (IBCE, 2013). Este hecho se explica por las políticas sociales de gobierno, como son los subsidios de maternidad y lactancia, además de otras políticas que impulsan el consumo de quinua tanto en las ciudades como en las áreas rurales; sin embargo, aún queda aislado un segmento de la población, que ha visto cómo el precio del grano se ha incrementado y cómo el grano se ha trasladado de los mercados populares a lujosos anaqueles de las ciudades.

## **Tendencias del mercado internacional de la quinua**

La quinua se ha posicionado en el mercado mundial; la tendencia del precio internacional de la quinua está alcanzando niveles insospechados, lo cual, desde la perspectiva del corto plazo y para ciertos eslabones de la cadena, puede ser muy alentador. Sin embargo surge la interrogante de lo que puede pasar con el mercado o hasta cuándo y hasta donde los precios seguirán subiendo.

Es evidente que la expectativa generada por un producto de las características de la quinua y precios tan altos, motiva a que productores de varias regiones del mundo y gobiernos, se interesen en fomentar la producción local. Un ejemplo es el *Proyecto Anantha* de la India, que invertirá millones de dólares para promover el desarrollo de la región e impulsar el cultivo de quinua (<http://www.apard.gov.in/project-anantha>).

El incremento de la oferta mundial de quinua es cuestión de tiempo (Zuckerman, 2014), por lo tanto se espera que a medida que la demanda suba, los precios tiendan a estabilizarse. Si los precios se estabilizan al nivel actual, los productores bolivianos de quinua, particularmente los productores de quinua orgánica, seguirán teniendo interesantes ingresos; asumiendo que los esfuerzos por estabilizar los rendimientos del cultivo son efectivos. Por otro lado, no se prevén incrementos significativos de los costos de producción. Asimismo, la característica orgánica de la producción de quinua boliviana, se constituiría en el factor diferenciador más importante para que Bolivia siga manteniendo el liderazgo.

El gran desafío para los productores bolivianos de quinua y todos los actores de la cadena, es asegurar la sostenibilidad de la producción y especialmente de la producción de quinua orgánica.

La presión que se ejerce a los sistemas de producción, la expansión de la frontera agrícola, los efectos del cambio climático y la disminución de la productividad, son las principales causas para que Bolivia pierda las ventajas comparativas para producir quinua. Además se debe considerar que cada vez más países están introduciendo quinua en sus

sistemas de producción y por ende están mejorando sus rendimientos.

Por otro lado, si el incremento de la oferta internacional provoca un descenso significativo del precio internacional de la quinua, los productores bolivianos aún tendrían ganancias, ya que los costos de producción son relativamente bajos. Sin embargo esta situación no sería sostenible debido a los factores citados en el párrafo anterior.

Es evidente que si Bolivia pretende mantener el liderazgo mundial de la producción y comercialización de quinua, y de esta manera se continúe beneficiando a miles de familias de productores y a los actores de la cadena en su conjunto, es imprescindible que se adopten medidas para promover la sostenibilidad y la competitividad de la quinua.

Una buena parte de estas medidas pasa por la inversión en investigación y desarrollo de tecnología. Sin ella, es imposible revertir la tendencia negativa de los rendimientos, indicador clave de la pérdida de competitividad; tampoco será posible promover el manejo sostenible de los sistemas de producción y del paisaje y lograr la producción agroecológica de la quinua. Otro grupo importante de medidas, tiene que ver con la generación y cumplimiento de reglas y normativas en relación a la producción sostenible de la quinua.

Si bien el Estado Boliviano está haciendo esfuerzos por destinar recursos al desarrollo de tecnología, el momento histórico exige que esta inversión sea proporcional a la importancia de la quinua en el desarrollo humano de la región del altiplano y en la economía nacional.

## **La importancia de incrementar el rendimiento de la quinua**

Uno de los factores que está encareciendo a la quinua es la paulatina reducción del rendimiento. Para producir la misma cantidad de quinua se requiere cada vez más hectáreas, lo que implica mayor costo, y por tanto el costo unitario tiende a subir. Si además se considera la creciente demanda, la consecuencia de esta combinación (reducción de rendimiento y demanda creciente) es que se amplíe la frontera agrícola, lo que conlleva otra serie de problemas, incluyendo los del ámbito social, relacionados a la tenencia de tierras.

Cultivar una hectárea de quinua, tiene un costo promedio de 6.044 Bs, considerando el rendimiento medio de 0.45 t/ha, resulta que el costo unitario de producción es de 13.430 Bs/t (1.930 dólares/t). Si se logra revertir la tendencia negativa del rendimiento de la quinua y reponer el promedio de 0.6 t/ha, el costo unitario bajaría a 10.073 Bs/t (1.447 dólares/t). Si además se implementarían políticas para el desarrollo de la producción de quinua, estableciendo como objetivo incrementar los rendimientos a por lo menos 0.8 t/ha, el costo unitario bajaría a 7.555 Bs/t (1.085 dólares/t), lo que permitiría bajar el precio de venta sin que los productores disminuyan sus ganancias.

Competitividad, sostenibilidad, rentabilidad y accesibilidad de la quinua, son posibles siempre y cuando la producción de la quinua sea bajo un enfoque agroecológico y de mejora continua de la productividad. Mejorar los rendimientos de la quinua, bajo un enfoque de producción agroecológica, debe ser

la premisa de todos los actores involucrados directa e indirectamente con el complejo productivo de la quinua, si no se logra este objetivo, los sistemas de producción del altiplano estarán en grave riesgo de desaparecer y con ello desaparecerá el bienestar que están logrando miles de familias productoras de quinua.

## Referencias citadas

- Avitabile, E. 2013. The impact of the quinoa boom on Bolivian family farmers. Infografía publicada por la FAO. *En línea*. Disponible en: [http://www.fao.org/assets/infographics/Quinoa\\_Infographic.pdf](http://www.fao.org/assets/infographics/Quinoa_Infographic.pdf). Consultado el 26 de mayo de 2014.
- Gandarillas, A., Rojas, W., Bonifacio, A., Ojeda N. 2014. La quinua en Bolivia: Perspectiva de la Fundación PROINPA. Capítulo 5. **En:** Bazile, D. "Estado del arte de la quinua en el mundo". FAO. (en imprenta).
- Guerra, Z. 2012. Comercio internacional: Importancia en el desarrollo económico. Observatorio de la Economía Latinoamericana, Nro. 170 (texto completo en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/mx/2012/>).
- IBCE 2013. La quinua boliviana traspasa fronteras para el consumo mundial. Nro. 210. Publicación del Instituto Boliviano de Comercio Exterior en conmemoración al Año Internacional de la Quinua.
- Pacheco, M., Blajos, J., Rojas, W. 2014. Estudio de la producción y mercado de la quinua. Capítulo 6. IICA. (en edición).
- Zuckerman, C. 2014. Quiero quinua. National Geographic en Español. Febrero de 2014. Vol. 34.

*Trabajo recibido el 18 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 3 de julio de 2014*

## Plantas de Alta Calidad

Plantas de calidad sanitaria y pureza varietal garantizadas producidas en laboratorio bajo condiciones controladas libres de virus y enfermedades que aseguran una máxima productividad incrementando el rendimiento y la calidad de las frutas cosechadas.

### ESPECIES

- **Banano** (Williams, Grand Nanie, Jaffa y Gal)
- **Piña** (Champaka, Pucallpa, MD2)
- **Manzano** (Pie de Injerto variedad Maruba)
- **Duraznero** (Pie de injerto variedad GxN)

### CONTACTOS

Fundación PROINPA:  
Av. E. Meneces s/n Km 4 zona El Paso – Cochabamba  
Telf.: (591-4) 4319595 int 144



## El rol actual y potencial de las *q'ila q'ila* (*Lupinus* spp.) en sistemas de producción sostenible de quinua

Alejandro Bonifacio; Genaro Aroni; Milton Villca;  
Patricia Ramos; Miriam Alcon; Antonio Gandarillas

Trabajo financiado por: DANIDA, Fundación McKnight, Fundación PROINPA

E mail: a.bonifacio@proinpa.org

**Resumen.** Se describe la problemática de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia, con énfasis en los riesgos de insostenibilidad de la producción comercial. Se aborda la sostenibilidad de la producción, como efecto ambiental y antrópico, entre éstos, la erosión, baja fertilidad, escasez de fuentes de materia orgánica (estiércol), reducción de la población de llamas, avance de la frontera agrícola de la quinua, etc. Al tiempo de reconocer el estiércol como la fuente principal de materia orgánica, se resalta la diversidad de especies que crecen en el altiplano, dando énfasis a las leguminosas silvestres como *Lupinus* spp. o conocidas en Aymara como *qila qila*, las cuales se encuentran adaptadas al altiplano, presentan la particularidad de germinar en la época de lluvias (diciembre y enero), crecer en invierno (seco y frío) y fructificar en los próximos meses de enero y febrero. Este comportamiento de su ciclo biológico y su adaptación milenaria a la zona, las convierte en especies de interés prioritario en sistemas de producción de quinua. Se plantea que deben ser consideradas como fuentes alternativas o complementarias al estiércol de llama en sistemas de producción de quinua, como una opción mucho más factible de establecer en grandes superficies, y de jugar un rol central en la ansiada sostenibilidad de la producción de quinua boliviana.

**Palabras clave:** Leguminosas Silvestres; Prácticas Agronómicas; Fertilidad Natural

**Summary. The current and potential role of *q'ilaq'ila* (*Lupinus* spp.) in sustainable production systems of quinoa.** The problem of quinoa in the Southern Altiplano of Bolivia is described, with particular emphasis on the risks of unsustainable commercial production. Production sustainability is addressed as an environmental and anthropogenic effect, among them, erosion, low fertility, limited sources of organic matter (manure), reduction of llama population, advancing of agricultural quinoa frontier, etc. While recognizing the manure as the main source of organic matter, the diversity of species growing in the highlands is highlighted, emphasizing the wild legumes like *Lupinus* spp. or known in aymara language as *qilaqila*, which are adapted to the highland and have the particularity to germinate in rainy seasons (December and January), growing in Winter (dry and cold) and fruit in the months of January and February. This behavior of their life cycle and their ancient adaptation to the area, become them in species of priority interest in quinoa production systems. It is proposed to be considered as alternative or complementary sources to llama manure in quinoa production systems, as a much more feasible option to establish on large areas, and to play a central role in the much sought-after sustainability of Bolivian quinoa.

**Keywords:** Wild Legumes; Agricultural Practices; Natural Fertility

## Antecedentes

La zona más importante de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Bolivia es el Altiplano Sur, por ello, cuando se aborda la problemática de la Quinua Real orgánica, muchos autores (Jaldín, 2010; Medrano, 2010; Puschiasi, 2009), se centran en el intersalar (franja entre los salares de Uyuni y Coipasa). Sin embargo, la quinua ha rebasado el área del intersalar y se cultiva en toda la zona del Altiplano Sur, inclusive abarcando el Altiplano Central, donde los problemas ambientales ya son visibles.

De acuerdo a Soraide (2011) y Orsag *et al.* (2013), los suelos son de textura gruesa (contenidos de arena por encima de 70%) y grava (>30%, especialmente en el subsuelo).

Por el predominio de arena en los suelos, y bajos contenidos de materia orgánica (menor a 1%), éstos no forman agregados estables o presentan un grado de estructuración débil o nula, situación que favorece su alta susceptibilidad a la erosión eólica e hídrica, principalmente bajo una remoción excesiva (uso de maquinaria agrícola).

La gran demanda internacional de quinua, junto a los buenos precios, genera una gran oportunidad para miles de familias que han vivido en la pobreza por varias generaciones. Esto ha provocado la sobre explotación de los suelos y la ampliación de la frontera agrícola, es así que la superficie cultivada ha pasado de 35.907 ha en el año 2000 a 131.192 ha en el año 2013, con una tendencia negativa de los rendimientos (Gandarillas *et al.*, 2014).

Con el *boom* de la quinua, a finales de los años noventa, surgen los desequilibrios agroecológicos (VSF/CICDA, 2009). La ampliación de la frontera agrícola en el Altiplano Sur, tiene implicaciones en la reducción de las áreas de pastoreo de llamas, a esto se suma la irregularidad y reducción de la precipitación pluvial que se traduce en escasez de pastos.

Es importante hacer notar que la crianza de llamas no es competitiva frente a la producción de quinua, esto conduce al cambio de la vocación productiva en el Altiplano Sur, de ganadera a agrícola. Además, el pastoreo de llamas es incompatible con el cultivo de quinua (las parcelas se distribuyen erráticamente), puesto que los animales ingresan a los campos de cultivo y consumen las plantas en desarrollo, generando serias disputas entre productores. En estas condiciones, el pastoreo implica mayor número de pastores y de edad apropiada para el manejo del rebaño.

El manejo de los suelos presenta muchas deficiencias, siendo las más determinantes la escasa incorporación de materia orgánica y la falta de opciones de rotación de cultivos. Los descansos para la recuperación de la fertilidad del suelo son de varios años, pero por la baja humedad y baja temperatura promedio de la zona, el repoblamiento de especies nativas es lento, por tanto la reposición de materia orgánica y de nutrientes es también lento, tomando en algunos casos, más de 10 años para recuperar la biomasa y reponer la actividad microbiana del suelo.

Los agricultores no incorporan materia orgánica o la incorporan en cantidades reducidas, porque no existe la suficiente cantidad en la zona. La conservación y

mejora de la fertilidad del suelo depende de las acciones del hombre sobre su medio o más propiamente sobre el suelo y las plantas, resaltando en la relación planta/medio ambiente-hombre-sociedad (Puschiasi, 2009).

En resumen, la presión sobre los suelos hace que estos sean degradados e improductivos. La falta de materia orgánica los hace más susceptibles a la erosión y limita el incremento de productividad.

Los mayores volúmenes de producción y exportación registrada en los últimos años, se logran en base a la incorporación de nuevas zonas de producción y no al incremento de rendimiento por unidad de superficie. Este panorama puede llevar a una agricultura poco rentable y poco competitiva, impulsando nuevamente la migración campocidad, dando lugar a que miles de familias de agricultores retornen a la pobreza, perdiendo el país una oportunidad excepcional de generar divisas de más de 150 millones de dólares.

La solución o mitigación de la insostenibilidad del cultivo de quinua, es abordada de manera coincidente por entidades públicas, proyectos de desarrollo y organizaciones de productores. Entre las alternativas, se incluyen el incremento del uso del estiércol mediante el repoblamiento de camélidos, protección de zonas de pastoreo, implementación de barreras vivas y físicas, etc. Sin embargo, ninguna propuesta incluye las especies leguminosas nativas que puedan formar parte de un sistema de producción sostenible. Este es el caso de la *q'ila q'ila* que crece en el altiplano y cuya importancia no ha sido valorada en sistemas de producción de quinua.

Para el aprovechamiento de estas especies nativas y silvestres promisorias, se requiere conocer sus características reproductivas, la fisiología de sus semillas, su adaptación ecológica, la cantidad de materia orgánica que aportan, la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno, etc.

Ante la problemática de la sostenibilidad de los sistemas basados en quinua del Altiplano Sur, investigadores de la Fundación PROINPA, han explorado el rol actual y potencial de las especies nativas, dando prioridad a las leguminosas nativas y silvestres.

Para este propósito se han realizado prospecciones y colectas de varias especies de *Lupinus* spp. en diferentes localidades del Altiplano Sur, zonas de transición sur-centro, Altiplano Central y Altiplano Norte. Las especies fueron examinadas en su diversidad genética centrada en el hábito de crecimiento, adaptación ecológica, formación de semilla, viabilidad de semilla, simbiosis con *Rhizobium* y siembras experimentales. La adaptación de las especies se ha estudiado en relación a micro zonas dentro del Altiplano Sur y Centro, tomando en cuenta la topografía y el paisaje del lugar, diferenciando planicie, ladera, pie de monte y cerros.

## **Alternativas de incrementar la materia orgánica en el Altiplano Sur**

La alternativa más promovida para incrementar la disponibilidad de estiércol en el Altiplano Sur, es mediante la reconstrucción del equilibrio entre la población de llamas y la superficie dedicada al cultivo de quinua. En este sentido, se plantea que por cada hectárea de

quinua se críen siete llamas (Anze, 2010). Es indiscutible que se deben proteger las zonas tradicionales de pastoreo para cría de llamas junto al manejo de pasturas y forrajes. Sin embargo, en la práctica resulta muy difícil de implementar y de obtener el resultado deseado; por ejemplo, el año 2010 se cultivaron 63.010 ha y el año 2013 la superficie incrementó a 131.192 ha (Gandarillas *et al.*, 2014). Esto significa que la población de llamas debería incrementarse en aproximadamente 477.000 animales, lo cual es difícil de lograr.

En el conocimiento de los investigadores y tomadores de decisión, el altiplano se caracteriza por ser una eco región de altura, seca, fría y semiárida, donde se cultiva la quinua y crecen pocas especies nativas. Sin embargo, un examen cuidadoso, permite evidenciar una diversidad grande de especies nativas y naturalizadas que a la fecha no se valoran sus características de adaptación y mucho menos se aprovechan sus bondades en sistemas de producción de quinua.

Entre las especies nativas y naturalizadas existen arbustos: *Parastrephia lepidophylla* (Weddell) Cabrera, *P. quadrangulare* Meyen Cabrera, *P. lucida*, (Meyen) Cabrera, *Baccharis tola* Phil., *B. tricuneata* (L.f.), *Lamphapa castellani* Mold., pastos: *Nassella pubiflora* (Trin & Rupr), *N. nardoides* Phil., *Festuca orthophilla* Pilg., *F. dolychophilla* J. Prsi., *Chondrosom simplex* (Lagasca Kunth) leguminosas: *Lupinus otto-butchini* C.P. Sm., *L. montanus* C.P. Sm., *L. chilensis* C.P. Sm. *L. cuzcensis*, C.P. Sm., etc., cuya adaptación milenaria permite su vigencia, aunque la actividad antrópica está reduciendo sus poblaciones.

## La leguminosa nativa *q'ila q'ila*

*Q'ila q'ila* (que se pronuncia como *qela qela*) es un nombre en idioma Aymara, de tipo genérico, que se refiere a varias especies leguminosas forrajeras en estado verde y seco (*Lupinus chilensis* C.P. Sm., *L. otto-butchini* C.P. Sm.) y forrajeras solo cuando están secas o curadas (*Lupinus montanus* C.P. Sm.). Estas características deben ser complementadas con investigaciones de principios anti nutricionales que suelen contener algunas especies.

En la bibliografía consultada, los nombres científicos no incluyen zonas de recolección y mucho menos mencionan los nombres nativos. Por esta razón, por ahora es mejor nombrarlas como especies plurales (*Lupinus* spp.). Las especies del altiplano se conocen con nombres nativos de *q'ila q'ila*, *salqa* o *salqiri*. Las plantas generalmente crecen en colonias, dependiendo de la dispersión natural de la semilla y las condiciones favorables para su colonización, van desde pequeñas áreas de 100 m<sup>2</sup> a 200 m<sup>2</sup> hasta superficies cercanas a 1 km<sup>2</sup>.

Si bien la clasificación taxonómica de las especies no esta clara, la diversidad de especies y diversidad genética dentro cada especie o ecotipo es evidente. Jacobsen *et al.* (2006) mencionan 83 especies para la zona de los Andes. Por su parte Barney (2011) menciona 85 especies silvestres para Sud América.

La adaptación de las especies es amplia, sin embargo, algunos ecotipos prefieren condiciones ambientales específicas, como suelos arenosos, francos, gravosos o pedregosos, o por otro lado planicies, laderas, pie de monte y cerros.



*Lupinus* sp. en ladera



*Lupinus* sp. en planicie

La biología de las especies de *Lupinus* presenta varios procesos biológicos muy diferentes a otras especies vegetales, entre ellos dormancia de la semilla, alta tolerancia a heladas, nodulación abundante (fijación de N), amplia adaptación ecológica y alta capacidad de diversificación.

La semilla de los lupinos silvestres es viable y puede germinar cuando alcanza la madurez fisiológica, antes de secarse. Sin embargo, en cuanto se seca, entra en dormancia prolongada de tres a cuatro años, tiempo en el que se quiebra la dormancia y pueda germinar naturalmente. Esto implica que la semilla debe ser previamente tratada antes de realizar la siembra dirigida.

Las plántulas de *q'ila q'ila* emergen a fines de diciembre y enero, se estable-

cen entre enero y febrero, crecen lentamente en invierno, florecen en noviembre y diciembre y fructifican entre diciembre y enero, según las zonas y ecotipos. Lo que se resalta es su adaptación al altiplano, su tolerancia a heladas de invierno (-18°C entre mayo a septiembre) y su resistencia a sequías prolongadas (entre marzo a diciembre). Al permanecer viva durante el invierno, proporciona cobertura al suelo, forma abundante materia verde y fija nitrógeno. Todos estos procesos benéficos tienen lugar en el periodo fuera del cultivo de quinua, es decir, cuando el suelo está en descanso. Esto da pautas para su aprovechamiento en descansos mejorados, cobertura de suelos y fijación de nitrógeno atmosférico. Su aptitud para crecer en estaciones marginales, su ciclo pluri estacional y hasta bianual, la hace una especie muy interesante para el aprovechamiento en sistemas de producción de quinua en el Altiplano Sur.

Actualmente las *q'ila q'ila* no son valoradas por sus cualidades adaptativas, producción de materia orgánica y la fijación de nitrógeno. Aunque algunos agricultores reconocen sus bondades en la mejora del suelo, puesto que cuando preparan el suelo con poblaciones de estas plantas, la quinua crece y rinde bien. La probable explicación del poco interés en estas especies, es su crecimiento errático dado por la dormancia de su semilla, puesto que en condiciones naturales, las plantas nacen cada tres a cuatro años en el mismo sitio. Esta característica propia de las especies, hace poco manejable sin previa aplicación de técnicas de tratamiento de semillas. Por tanto, el rol actual de las especies silvestres del género *Lupinus* del altiplano, es poco o nada importante en sistemas de producción de quinua.

## Perspectivas de los lupinos silvestres en la sostenibilidad de los sistemas de quinua en el Altiplano Sur

Las leguminosas silvestres forman cantidades considerables de materia seca, estimándose que en promedio pueden producir el equivalente a ocho toneladas de materia seca por hectárea, sin considerar la fijación de nitrógeno que se estima en más de 100 kg/ha. Las bondades de las leguminosas en sistemas de cultivo se encuentran ampliamente documentadas (Prager *et al.*, 2012; Céspedes, 2005), lo cual respalda la propuesta de emplear las leguminosas silvestres en sistemas de producción de quinua.

La propuesta para el aprovechamiento dirigido, implica la siembra a finales de diciembre y principios de enero. Las plantas crecen en otoño, invierno y verano (estaciones frías y secas) y forman semilla en época de lluvias. Es importante mencionar que la conclusión del ciclo biológico de la *q'ila q'ila*, coincide con el periodo de preparación de suelos en el altiplano, por tanto se constituye en una valiosa fuente local de materia verde a incorporar, con la ventaja de no ser una planta leñosa, lo que la hace de fácil descomposición. En este

caso, las leguminosas silvestres constituyen otra fuente de materia orgánica en sistemas de producción de quinua. Otra opción de manejo de las *q'ila q'ila*, es que se coseche la semilla y luego la planta se incorpore al suelo.

El enfoque de producción sostenible, implica el manejo y aprovechamiento del suelo para lograr una alta productividad por unidad de superficie, manteniendo la salud del suelo, e incluyendo especies leguminosas en sistemas de rotación y descansos mejorados.

En el caso del Altiplano Sur, donde las condiciones para la agricultura son tan difíciles, las leguminosas silvestres representan una excelente alternativa para establecer sistemas de rotación, descansos mejorados, abonos verdes y cultivos en tándem junto a la quinua. Estas prácticas ofrecen numerosos beneficios: reducción de erosión y mejoramiento de la fertilidad de los suelos, mejora de rendimientos, reducción del arrastre de sedimentos y diversificación en la producción. En esta línea, las ocho toneladas de materia seca que incorpora la *q'ila q'ila* al suelo, pueden ser suficientes para alcanzar un rendimiento de veinte qq de quinua por hectárea.



*Lupinus* sp. en tándem en parcela comercial de quinua



*Lupinus* sp. en parcela semillera



Colonia de *q'ila q'ila* en floración  
(Llavica a 4230 msnm, 18 de agosto de 2014)



Planta de *q'ila q'ila* cubierta de polvo  
en época que ya no se cultiva quinua

Para los fines de rotación de cultivo, después de la cosecha de quinua se debe sembrar *q'ila q'ila*, que al cabo de dos campañas agrícolas esta nuevamente disponible para cultivar quinua. Para el descanso mejorado, las *q'ila q'ila* se pueden sembrar en cualquier secuencia de años de descanso, con la condición de la época apropiada (fines de diciembre y principios de enero).

Para cultivos asociados en tándem, en un campo establecido con quinua con plantas en fase de panojamiento, se siembra *q'ila q'ila* en sistema intercalar o entre surcos o hileras. Esto implica la siembra intercalar en fecha diferida (tándem o en postas).



Siembra en tándem con prototipo  
de sembradora de doble surco

Por todo lo conocido hasta ahora de la *q'ila q'ila*, se puede ver con optimismo la productividad, sostenibilidad y competitividad de la quinua boliviana. El desafío que plantea el gobierno boliviano de incrementar la superficie de quinua cultivada, puede ser factible con el empleo de las leguminosas silvestres, como una fuente alternativa y complementaria al uso del estiércol de llama.

## Desafíos y limitantes en el manejo del lupino silvestre

Existen varias limitantes que se deben atender para lograr el cultivo comercial de los lupinos silvestres, en lo agronómico se tiene fructificación gradual, dehiscencia de semilla y dormancia de semilla.

También falta encarar la producción de semilla en escala comercial; el aislamiento e inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno; el control del gorgojo *Apion* sp.; el empleo de equipos y maquinaria de siembra y la cosecha e incorporación mecanizada de abono verde, entre otras.

Asimismo, se deberá establecer programas de investigación de manejo agronómico, aprovechamiento múltiple

(cobertura, materia orgánica, forraje), microbiología, etc. Una primera tarea es la conformación de una colección de trabajo para fines de caracterización, selección y aprovechamiento dirigido, dada la gran diversidad de especies y morfotipos.

Para el aprovechamiento eficiente de las *q'ila q'ila*, un desafío vital es la participación de productores para el cuidado de los campos naturales donde crecen estas especies, la colecta oportuna de semilla, la siembra dirigida, la incorporación apropiada, y otras prácticas.

## Referencias citadas

- Anze, G. 2010. Normas básicas para una producción sostenible de la Quinoa Real del Altiplano Sur de Bolivia. PROQUINAT/ANAPQUI. *En línea*. Disponible en: <http://www.infoquinua.bo> Consultado el 6 de junio de 2014.
- Barney, M. 2011. Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus* L. (Leguminosae) en Colombia. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia, Palmira Colombia. 69 p.
- Céspedes, M. (ed) 2005. Agricultura orgánica, principio y prácticas de producción. INIA. Boletín No 131. Chillan, Chile.
- 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).
- Jacobsen, S., Mujica, A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. **En:** Botánica Económica de los Andes Centrales. M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev, eds.) UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 458-462.
- Jaldín R. 2010. Producción de quinua en Oruro y Potosí. La Paz, Bolivia. PIEB. Nro. 3. 100 p.
- Medrano, A. 2010. Expansión del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y calidad de suelos. Análisis en un contexto de sostenibilidad en el intersalar boliviano. Tesis MSc. Universidad Autónoma San Luis Potosí. México. 138 p.
- Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., Castro, E. 2013. Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua. *T'inkazos*. 33: 89-112.
- Prager, M., Sanclemente, O., Sánchez, M. 2012. Abonos verdes: tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología* 7:53-62.
- Puschiasi, O. 2009. La fertilidad: un recurso "cuchicheado". Análisis de la valorización del recurso territorial fertilidad por las familias de la zona Intersalar. *En línea*. Disponible en: <http://www.ird.fr> Consultado el 27 de mayo de 2014.
- Soraide, D. 2011. La Quinoa Real en el Altiplano Sur de Bolivia. Documento técnico para la denominación de origen. FAUTAPO-Educación para el Desarrollo. 108 p.
- VSF-CICDA. 2009. Quinoa y territorio. RURALTER, IRD, VSF-CICDA y comunidades del intersalar. *Agronomes y Veterinarios sin frontera*. Plural, La Paz, Bolivia. 156 p.
- Williams, B. 1995. Revegetation for ecologically sustainable dryland farming. Department of the parliamentary library, Australia. Research paper No.1. 39 p.

Trabajo recibido el 12 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 19 de junio de 2014

# 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*<sup>1</sup>, 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

<sup>1</sup> 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 ADNr.

*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](http://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. Meneceles s/n Km 4 zona El Paso  
- Cochabamba  
Telf.: (591-4) 4319595 int 162 -  
4319522  
[m.crespo@biotopbolivia.org](mailto:m.crespo@biotopbolivia.org)

### Oficina Oruro

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

# Generación de variedades de quinua en un contexto de mercado y cambio climático

Alejandro Bonifacio; Amalia Vargas; Genaro Aroni

*Trabajo financiado por: Fundación McKnight; SIBTA; Embajada de Holanda*

*E mail: a.bonifacio@proinpa.org*

**Resumen.** El artículo describe las implicaciones tecnológicas de la producción comercial de quinua en el Altiplano Sur y Central de Bolivia, donde se resalta la ampliación de la superficie de cultivo y el movimiento de variedades de una zona a otra. Lo anterior implica un proceso de desadaptación de variedades, destacándose la susceptibilidad al mildiu, deficiencias en completar el ciclo productivo, la variación espontánea, la pureza, heterogeneidad varietal y la calidad de uso. Se presenta las características de las variedades con especificación de su rango de adaptación y la calidad, y concluye con los desafíos que implica el mejoramiento genético de la quinua.

**Palabras clave:** Adaptación; Variabilidad; Mejoramiento Genético

**Summary. Generating varieties of quinoa in a market context and climate change.** The problem of commercial quinoa produced in the South and Central Altiplano of Bolivia, where the expansion of crop areas and varieties moving from one area to another, is highlighted described. This implies a process of mismatch varieties, highlighting the susceptibility to mildew, the production cycle, spontaneous variation, purity and heterogeneity and quality of use. Characteristics of varieties specifying their varietal characteristics, area of adaptation and quality of use are presented concluding with challenges involving the quinoa breeding.

**Keywords:** Adaptation; Variability; Plant Breeding

## Introducción

La quinua ha evolucionado en los Andes. Fue domesticada por hombres y mujeres de civilizaciones como la Tia-wanacota e Incaica. Hasta la década de los años ochenta, los pobladores andinos cultivaron la quinua por sus ventajas adaptativas a altitudes entre 2.800 a 4.000 msnm, en climas semi áridos y por sus bondades alimenticias.

El principal producto de la quinua es el grano, muy apreciado en la preparación de platos tradicionales en formas similares al arroz; también las hojas que se

consumen frescas y los sub productos de cosecha y trilla que son destinados a la alimentación animal (llamas).

La quinua alberga una amplia diversidad de variedades nativas con adaptación específica a zonas del Altiplano Central, Norte, Sur y valles. En el altiplano, la quinua es el cultivo principal que provee producto alimenticio de origen vegetal para los habitantes de esta zona; en el Altiplano Sur, la quinua es el único cultivo que prospera satisfactoriamente, por lo que los investigadores califican como monocultivo de quinua.

Con el descubrimiento de sus propiedades nutritivas y la promoción, la quinua se ha convertido en producto de exportación y fuente importante para la generación de ingresos económicos.

Actualmente, la quinua es un producto con alta demanda en el mercado, con precios expectables para los productores, procesadores y comercializadores, generando una actividad económica importante para el país.

La demanda y altos precios de la quinua, han estimulado la ampliación de la superficie de cultivo, abarcando nuevas zonas de producción, lo que implica cambios en el proceso productivo y en la necesidad de tecnología en varios frentes: manejo de plagas y enfermedades, nutrición de plantas, semilla, manejo agronómico y variedades.

El cambio climático, por su lado, ha generado cambios en el régimen de lluvias y nuevas demandas, como por ejemplo variedades más precoces. Por otro lado el mercado demanda varios colores de quinua y variedades más aptas para la industria.

En este contexto, la Fundación PROIN-PA ha encarado el desarrollo de una nueva generación de variedades orientada a las siguientes prioridades:

- Variedades precoces de grano grande para el Altiplano Sur, necesarias en caso de retraso de siembras, pérdidas de plantas por sequía, enterrado de plántulas por vientos fuertes y menor tiempo a la cosecha.
- Variedades precoces de grano grande y con resistencia al mildiu para el Altiplano Centro.

- Variedades con resistencia al mildiu para el Altiplano Norte y valles.
- Variedades amargas (con saponina) y dulces (libre de saponina), para demandas específicas de mercado y el consumo local y familiar de quinua, con la ventaja de facilitar el beneficiado del grano.
- Variedades para la agroindustria (harinas y hojuelas) y nutritivas (nutracéuticos).
- En todos los casos, también se buscan variedades para cosecha mecanizada, que conduzcan a una producción competitiva, sostenible y resiliente ante los fenómenos adversos del cambio climático.

## Resultados y discusión

Con la aplicación de métodos de mejoramiento clásico, se ha generado una serie de variedades con características comunes, pero también diferenciadas.

Las características comunes se refieren al rendimiento, tamaño y color de grano. Las características diferenciadas se refieren a adaptación a zonas agroecológicas diferentes, precocidad, resistencia al mildiu, quinua amarga o dulce, calidad industrial entre otras.

Las variedades de grano grande están dirigidas al uso de la quinua en formas similares al arroz (quinua perlada), es decir para cocinarla en sopas y graneados, pudiendo ser grano de color blanco con preferencia, pero también de color rojo y negro. La mayor parte de los ecotipos de Quinua Real son aptos para quinua perlada (Bonifacio *et al.*, 2012). La investigación de la calidad industrial de estas variedades está en proceso.

La adaptación de variedades se traduce en las opciones de ser producidas en las diferentes eco regiones, tales como el Altiplano Sur, Altiplano Central, Altiplano Norte, valles y el Sub Trópico.

La precocidad es un carácter que permite manejar los factores ambientales adversos a partir de los siguientes mecanismos:

- 1) escapar a las heladas por el menor tiempo de su ciclo productivo.
- 2) posibilidad de hacer siembras retrasadas provocadas por la falta de humedad en la época de siembra.
- 3) evitar pérdidas por enterrado de plántulas en suelos arenosos, por el encostramiento en suelos arcillosos, por pérdida de plántulas por helada o por sequía.

La resistencia al mildiu es un componente clave para producir quinua orgánica en zonas fuera del Altiplano Sur. La quinua es susceptible a enfermedades bajo condiciones de alta humedad relativa y humedad del suelo (Bonifacio, 2006) y las variedades susceptibles (Utusaya) pueden registrar una severidad del 100% (Danielsen y Ames, 2000). Por ello la resistencia al mildiu es esencial para producir quinua en zonas de alta humedad relativa, reducir la aplicación de fungicidas para el control, reducir los costos de producción y favorecer el llenado de grano.

Las variedades amargas y dulces no han recibido mayor diferenciación hasta ahora, la quinua amarga es la que se produce, procesa y se comercializa en mayor proporción. Sin embargo, ante los volúmenes de agua que se emplean (sin reciclar) para remover la saponina,

las dificultades que implica eliminar el agua espumosa, el mayor gasto de energía (escarificado, lavado y secado), está resurgiendo el interés por la quinua dulce.

Esta quinua dulce, aunque tiene sus limitaciones por la preferencia de un par de especies de pájaros, requiere de menor tiempo de escarificado y/o lavado, por tanto menor pérdida durante el proceso, no genera espuma en el agua y el grano perlado no tiene olor fuerte y penetrante. Estas cualidades de la quinua dulce, la tornan en una alternativa en zonas de producción del Altiplano Central y Norte, así como en las líneas de beneficiado y de procesamiento industrial. Por tanto, las variedades dulces generadas hace tres décadas atrás, actualmente son objeto de demanda diferenciada.



Variedad afectada por mildiu

La calidad industrial se refiere a las propiedades físicas y químicas del grano de variedades específicas. En ese sentido, las variedades para harina, para hojuela, para pastas entre otros usos y diferenciación varietal, requieren de la

calidad apropiada para cada proceso. Las variedades con calidad industrial darán mayor pertinencia a los criterios de pureza y homogeneidad, tan a menudo promovidas por las instancias de registro de variedades y certificación de semillas.

Según Bodoín (2009), la demanda y uso de semilla certificada, es muy baja frente al volumen de semilla local empleada para la producción comercial, inclusive para la expansión del cultivo.

El Cuadro 1 detalla las variedades generadas por PROINPA, su adaptación, ciclo productivo, características de grano y sus potenciales usos, además de mostrar los dominios de recomendación de las variedades, lo que permite utilizarlas en el marco de una estrategia de manejo del riesgo en la producción de quinua, tomando en cuenta los efectos del cambio climático, la prevalencia de enfermedades (mildiu) y las demandas de los productores y el mercado (con y sin saponina, calidad industrial, entre otras).

**Cuadro 1.** Características generales de variedades de quinua generadas por la Fundación PROINPA

<b>Variedad</b>	<b>Zonas de adaptación</b>	<b>Ciclo productivo</b>	<b>Saponina</b>	<b>Color y tamaño grano</b>	<b>Calidad o uso</b>
<i>Jach'a Grano</i>	Altiplano Central y Norte. Valles abiertos y puna	Precoz	Amargo	Blanco, grande	Perlada, hojuela
<i>Kurmi</i>	Altiplano Central y Norte. Valles abiertos y puna	Semi tardía	Dulce	Blanco, grande	Perlada, hojuela
<i>Aynuqa</i>	Altiplano Central	Semi precoz	Dulce	Blanco, grande	Perlada, hojuela
Horizontes	Altiplano Central y Sur	Semi precoz	Amargo	Blanco, grande	Perlada, hojuela
<i>Qosuña</i>	Altiplano Sur y Central	Semi precoz	Dulce	Blanco, grande	Perlada, hojuela, harina
Blanquita	Altiplano Norte, valles y puna	Semi tardía	Dulce	Blanco, mediano	Harina, hojuela
<i>Qanchis Blanco</i>	Altiplano Sur y Central	Precoz	Amargo	Blanco, grande	Perlada
<i>Maniqueña</i>	Altiplano Sur y Central	Precoz	Amargo	Blanco, grande	Perlada
<i>Kariquimeña</i>	Altiplano Sur y Central	Precoz	Amargo	Blanco, grande	Perlada

Elaborado en base a Bonifacio, Vargas y Aroni (2003); Bonifacio y Vargas (2005); Bonifacio, Aroni y Vargas (s/a); Bonifacio, Vargas y Rojas (s/a); Bonifacio, Vargas, Aroni y Quispe (s/a).



Variedad *Kurmi*



Variedad *Blanquita*



Variedad *Jacha Grano*



Variedad *Qusuna*



Quinoa Real en fase de floración  
(variación por color de planta)



Quinoa Real en fase de madurez

## Desafíos

En la actualidad, el consumidor busca información acerca de la calidad de los productos que consume (contenido de proteínas, calidad de proteínas, libre de gluten), por esa razón que la quinua tiene alta demanda a nivel internacional.

El desafío para que la quinua boliviana sea más competitiva en el mercado internacional, es investigar sus propiedades nutraceuticas, como el contenido de antioxidantes, hierro y zinc, etc. e incorporar tales características a las nuevas variedades.

Las superficies cada vez mayores de quinua, llevan a buscar tecnología de fácil aplicación en grandes extensiones, este es el caso de la cosecha que progresivamente usa trilladoras combinadas. Por tanto, la demanda para el mejoramiento genético, es la obtención de nuevas variedades con una arquitectura de planta apropiada para la mecanización (uniformidad de tamaño) y madurez homogénea.

Los actores de la cadena de la quinua que están en el eslabón de transformación, necesitan ser informados acerca de las cualidades de las nuevas variedades, en términos de los contenidos de proteínas, amilopeptinas, antioxidantes, etc., de manera que el uso de las variedades sea especializado, lo que daría lugar a que los productos transformados tengan mejor calidad e identidad, ya que no son procesados con mezclas varietales, tal y como se practica actualmente.

Finalmente, para un uso extensivo de las variedades, es preciso que los actores especializados en el rubro, intervengan en la producción de semilla de alta calidad, de tal manera que productores,

asociaciones y empresas de la cadena de quinua, tengan disponibilidad y acceso a estas variedades de forma constante y cumpliendo las normas exigidas por autoridades del rubro. Actualmente, la gran mayoría de productores emplean semilla local y propia de agricultores, permitiendo inclusive la ampliación de la frontera de la quinua (Bodoin, 2009).

## Entidades involucradas

- Fundación PROINPA.
- *The McKnight Foundation.*
- PIEN-MDRAMA (Proyecto de Innovación. Estratégica Nacional - Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario y Medio Ambiente).
- *BYU (Brigham Young University).*
- UMSA (Universidad Mayor de San Andrés).
- *Benson Institute.*
- PREDUZA-WU (Proyecto de Resistencia Duradera para la Zona Andina - Universidad de Wageningen).

## Referencias citadas

- Bodoin, A. 2009. Evaluación y perspectivas del mercado de semilla certificadas de quinua en la región del Salar de Uyuni en el Altiplano Sur de Bolivia. Tesis de Pasantía de 2do. año. Agroparis Tech. Paris, Francia. 35 p.
- Bonifacio, A., Vargas, A., Aroni, G. 2003. Variedad de quinua Jacha Grano. Fundación PROINPA. Ficha técnica Nro 6. Cochabamba, Bolivia.

Bonifacio, A., Vargas, A. 2005. Variedad de Quinoa Kurmi. Fundación PROINPA - The McKnight Foundation - MACA. Ficha Técnica Nro. 12.

Bonifacio, A., Vargas, A., Rojas, J. (s/a). Variedad de Quinoa Kurmi. Fundación PROINPA - The McKnight Foundation - MACA. Ficha Técnica Nro. P/FTE/81.

Bonifacio, A., Vargas, A., Aroni, G., Quispe, R. (s/a). Variedad de Quinoa Horizontes. Fundación PROINPA - MDRAYMA. Ficha Técnica Nro. P/FTE/79.

Bonifacio, A. 2006. El futuro de los productos andinos en la región alta y

los valles centrales de los Andes. Granos en el área altoandina de Bolivia, Ecuador y Perú. ONUDI, Subdivisión de Promoción de Inversión y Tecnología. *En línea*.

Disponible en: <http://quinua.pe>  
Consultado el 6 de junio de 2014.

Bonifacio, A., Aroni, G., Villca, M. 2012. Catálogo etnobotánico de la Quinoa Real. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 123 p.

Danielsen, S., Ames, T. 2000. El mildiu (*Peronospora farinosa*) de la quinoa (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina. CIP-KVL. Lima, Perú. 32 p.

Trabajo recibido el 13 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 30 de junio de 2014

**Autor:**

Mario Coca Morante.

**Año de publicación:** 2013.

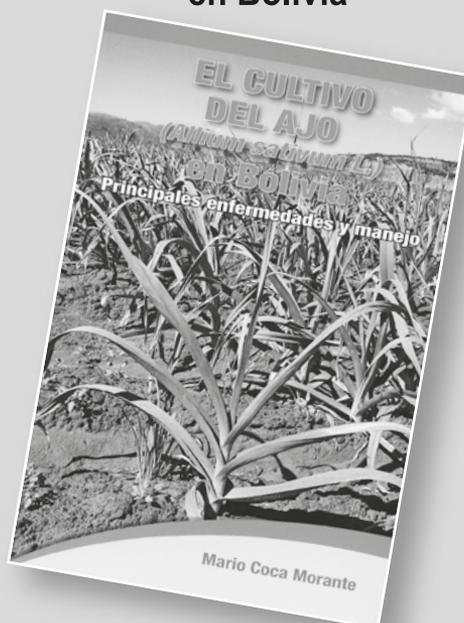
**ISBN:** 978-99954-2-772-6

Libro (94 páginas) que en su contenido proporciona información resumida sobre la importancia del ajo en Bolivia, tomando en cuenta la potencialidad del cultivo, señalando algunas de las causas que están afectando la producción. Esta publicación es una herramienta práctica que ayudará a los productores, técnicos y estudiantes a realizar una correcta identificación de las enfermedades del ajo, realizando una adecuada aplicación de medidas para el manejo y control de las mismas.

**Mayor información:**

Laboratorio de Fitopatología FCAyP-UMSS  
[agr.mcm10@gmail.com](mailto:agr.mcm10@gmail.com)  
Telf. 4763302, Fax 47662385  
(Cochabamba, Bolivia)

**El cultivo del ajo  
(*Allium sativum* L.)  
en Bolivia**



# Complejo de parasitoides asociado a la polilla de la quinua - Plaga clave del cultivo en el Altiplano Boliviano

Reinaldo Quispe; Raúl Saravia; Miguel Barrantes

Trabajo financiado por: Fundación McKnight; Embajada de Holanda, Fundación PROINPA

E mail: r.quispe@proinpa.org

**Resumen.** La polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae*) causa pérdidas mayores al 30% en el cultivo de quinua y disminuye significativamente la calidad del grano. Una de las alternativas de control, dentro de la producción orgánica, la constituyen sus enemigos naturales, particularmente los parasitoides. Buscando actualizar información sobre los parasitoides asociados a *E. quinoae*, se implementó el estudio en comunidades del Altiplano Norte, Centro y Sur de Bolivia. La colecta de larvas de polilla se realizó el año 2013, utilizando el método del manto entomológico. Las larvas se colocaron en recipientes de plástico de 200 cc de capacidad que contenían ramas de quinua. Estos recipientes fueron trasladados a laboratorio para su cría hasta la obtención de adultos y/o parasitoides, su identificación fue mediante comparaciones morfológicas (adultas y cocones) y con ayuda de claves taxonómicas. Se evidencia que la población larval de *E. quinoae* es regulada por un complejo de seis parasitoides: cinco avispas y una mosca. El parasitismo natural promedio, de las doce comunidades, fue de 28%, con un máximo de 44.7%, siendo *Cotesia* sp. y *Meteorus* sp. las especies que mayores niveles de parasitismo registraron en el Altiplano Norte, Centro y Sur. Los parasitoides representan un importante potencial como alternativa para el manejo integrado de *E. quinoae*.

**Palabras clave:** Entomología; Producción Orgánica; Enemigos Naturales

**Summary. Parasitoid complex associated with the quinoa moth – Key pest of this crop in the Bolivian Altiplano.** The moth *E. quinoae* causes losses greater than 30% in quinoa crop and also significantly reduces the grain quality. One of the alternatives control, within organic production, are its natural enemies, particularly parasitoids. Looking to update information on parasitoids associated to *E. quinoae*, a study was implemented in communities belonging to the Northern, Central and Southern Altiplano of Bolivia. The collection of moth larvae was conducted in 2013, by using the method of entomological blanket. The larval were placed in plastic containers of 200 ml capacity containing quinoa branches. These containers were transferred to the laboratory for their breeding until obtaining adults and/or parasitoids, identification carried out by morphological comparisons (adults and cocoons) and using taxonomic keys. It is evident that larval population of *E. quinoae* is regulated by a complex of 6 parasitoids: five wasps (Hymenoptera) and a fly (Diptera), all fully identified. The natural parasitism average was 28% in twelve communities, with a maximum of 44.7%, being the *Cotesia* sp. and *Meteorus* sp. species recording higher levels of parasitism in the Northern, Central and Southern Altiplano. Parasitoids represent a great potential as an alternative to the integrated *E. quinoae* management.

**Keywords:** Entomology; Organic Production; Natural Enemies

## Introducción

El cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es atacado por varias especies de insectos plaga en el Altiplano Boliviano, una de ellas es la polilla de la quinua o “*qhona qhona*”, *Eurysacca quinoae* Povolný 1997 (Lepidóptera: Gelechiidae), catalogada como plaga clave del cultivo (Avalos 1996) por causar pérdidas mayores al 30% y disminuir significativamente la calidad del grano (Saravia y Quispe, 2003; PROINPA, 2013).

Los primeros reportes sobre insectos parasitoides de la polilla de la quinua, fueron realizados en Patacamaya en 1997, por el Programa Quinoa del ex IBTA (IBTA, 1997), posteriormente se realizaron trabajos puntuales en algunas comunidades del Altiplano Centro y Sur (Mamani, 1998; PROINPA 2003; PROINPA 2013).

Producto de estos estudios se conoce que el porcentaje de parasitismo natural en larvas de *Eurysacca quinoae* llega hasta un 40% y el complejo de parasitoides está conformado por nueve especies, de las cuales siete corresponden al orden Hymenóptera de las familia Braconidae (*Meteorus* sp., *Apanteles* sp., *Microplitis* sp.), Ichneumonidae (*Deleboea* sp., *Venturia* sp., *Diadegma* sp.) y Encyrtidae (*Copidosoma* sp.), y dos al orden Díptera de la familia Tachinidae (*Phytomyia* sp. y *Dolichostoma* sp.) (IBTA 1997; Mamani 1998; Saravia y Quispe 2006; Saravia *et al.*, 2008; PROINPA 2013).

Por parasitoide se entiende a todo insecto, que en estado larvario es parásito de otro artrópodo (huésped), mientras que en estado adulto, vive libremente para reproducirse y buscar su hospedero.

A diferencia del parásito, el parasitoide en la mayoría de los casos, termina matando al huésped (Van Driesche *et al.*, 2007).

La diversidad de los predadores y parasitoides de una determinada especie, está relacionada a la diversidad de plantas con flores asociadas a un cultivo, como importantes fuentes de alimento adicional, es el caso del néctar y polen, necesarios para su multiplicación (Altieri y Nicholls, 2010).

Las zonas de producción de quinua en el país la conforman tres eco regiones: Altiplano Norte, Centro y Sur, estas se diferencian principalmente por el régimen de lluvia, la calidad de los suelos y los cultivos que se producen, siendo el Altiplano Sur la zona más seca (150 a 300 mm/año), con suelos arenosos y de baja fertilidad donde el principal cultivo lo constituye la Quinoa Real. El Altiplano Norte presenta mayor precipitación (500 mm/año), los suelos son más productivos y los cultivos incluyen papa, quinua, cebada, haba y otros. El Altiplano Centro presenta condiciones de clima y suelo intermedias entre el Altiplano Norte y Sur.

Por los antecedentes mencionados y con el fin de actualizar la información sobre los parasitoides asociados a la polilla de la quinua, se planteó el presente estudio en las tres ecoregiones del altiplano, con objetivo de identificar los parasitoides y determinar el parasitismo natural sobre larvas de *E. quinoae* en parcelas de quinua del Altiplano Boliviano.

## Materiales y métodos

**Localización.** El trabajo se implementó en doce comunidades productoras de

quinua del altiplano, una correspondiente al Altiplano Norte (Lacaya), ocho al Altiplano Centro (Contorno Centro, Contorno Arriba, Cañaviri, Villa Manquiri, Colquencha, Viscachani, Calpaya y Crucero Belén) y tres al Altiplano Sur (Colcha K, Vinto y Julaca) (Figura 1).

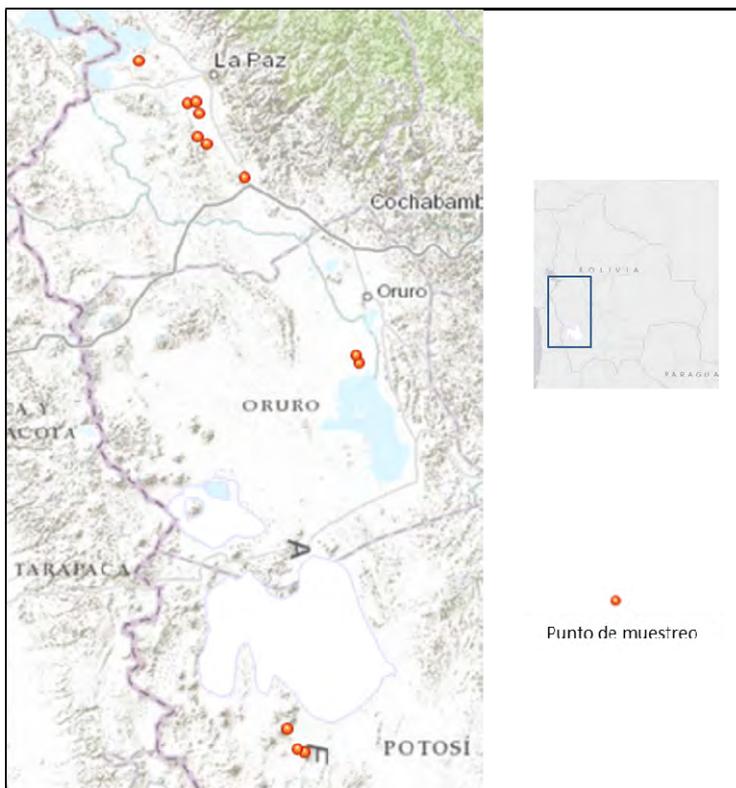
#### Muestreo y cría de larvas de *E. quinoae*.

La colecta de larvas en las parcelas de quinua de las diferentes comunidades, se realizó entre febrero y marzo de 2013, periodo de mayor incidencia de la plaga.

Este proceso fue realizado utilizando el método del “manto entomológico”, que consiste en extender una lona de 1 m \* 1 m en la base de la planta, para luego

sacudir cuidadosamente la panoja a fin de provocar la caída de las larvas sobre la lona; las larvas obtenidas fueron colocadas en recipientes de plástico de 200 cc de capacidad que contenían papel toalla en su base, y hojas y ramas de quinua para su alimentación.

Estos recipientes fueron colocados en contenedores de plastroformo para trasladarlos al Laboratorio de Entomología del Centro Quipaquipani (Viacha- La Paz), de la Fundación PROINPA, donde las larvas fueron seleccionadas por tamaño, y colocadas en cantidades conocidas por recipiente, para continuar su cría hasta la obtención de polillas adultas o sus parasitoides.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de los puntos de muestreo de larvas de *E. quinoae* en el Altiplano Boliviano

Porcentaje de parasitismo natural e identificación taxonómica. Para calcular el porcentaje de parasitismo natural, por especie y comunidad, se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Parasitismo (\%)} = \frac{\text{Larvas parasitadas}}{\text{Larvas recolectadas}} \times 100$$

La identificación de los parasitoides se realizó por comparación y utilización de claves taxonómicas. Para la identificación por comparación, fueron montados especímenes representativos de estos controladores biológicos, y se compararon con especímenes descritos por Mamani (1998), Saravia y Quispe (2006) y Costa *et al.* (2009).

En algunos casos la identificación fue corroborada utilizando claves taxonómicas provistas por Sharkey (2006) para Braconidae y Gauld (1991) para Ichneumonidae, ambas correspondientes para la región Neotropical.

Paralelamente se envió los especímenes de interés a centros especializados (USDA) para su identificación.

## Resultados y discusión

### *Complejo de parasitoides asociados a larvas de E. quinoae*

El complejo de parasitoides que está regulando la población de *E. quinoae* en las parcelas de quinua, ubicadas en el Altiplano Boliviano, corresponden a seis especies (Cuadro 1, Figura 2). De estas seis especies, cinco corresponden al orden Hymenóptera y una a Díptera.

Entre las avispas, todas pertenecen al sub orden Apocrita, caracterizadas por poseer el primer segmento abdominal, unido al metatórax y separada del resto

de los segmentos abdominales por una cintura estrecha (Fernández y Sharkey, 2006). Estas avispas están agrupadas en dos superfamilias:

- Icheumonoidea (avispa medianas a grandes).
- Chalcidoidea (microavispa).

*Cotesia* sp. y *Meteorus* sp. corresponden a la familia Braconidae; *Venturia* sp. y *Deleboea* sp. a Ichneumonidae, y *Copidosoma* sp. a Encyrtidae (Chalcidoidea). La única especie Díptera *Phytomyia* sp. pertenece a la familia Tachinidae, de la superfamilia Oestroidae y al sub orden Brachycera.

Entre los parasitoides, la microavispa *Copidosoma* sp. (Encyrtidae), es un parasitoide de huevo, poliembionario, que logra momificar las larvas de la polilla antes de que lleguen al estado de pupa; de las larvas momificadas pueden emerger entre 28 a 33 microavispa.

El resto de las avispas son endoparasitoides larvo-pupales, es decir infestan a su hospedero (larva de la polilla de la quinua) en los primeros estadios larvales, pero recién se observa su efecto, matando al huésped en el estado de pupa, biológicamente esta estrategia de parasitación se conoce como *koinobionte*. Existe otra estrategia de parasitación llamada *idiobionte*, que se presenta en las especies que paralizan permanentemente a sus hospederos, evitando que continúen su desarrollo después de haber sido parasitados, característica deseable para los parasitoides a emplearse en los programas de control biológico; en el presente estudio no se encontró parasitoides con estas características.



a) Adulto y cocon de *Cotesia* sp. (Braconidae)



b) Adulto y cocon de *Meteorus* sp. (Braconidae)



c) Adulto y cocon de *Venturia* sp. (Ichneumonidae)



d) Adulto y cocon de *Deleboea* sp. (Ichneumonidae)



e) Adulto y cocon de *Copidosoma* sp. (Encyrtidae)



f) Adulto y pupario de *Phytomyptera* sp. (Tachinidae)

**Figura 2.** Fotografías del complejo de parasitoides, de la polilla de la quinua, procedentes de comunidades del Altiplano Boliviano (2013)

El Cuadro 1 muestra el porcentaje de parasitismo natural registrado en las diferentes comunidades del Altiplano Norte, Centro y Sur. En general, el porcentaje promedio de parasitismo natural fue superior al 28%, registrándose en

las comunidades del Altiplano Central (Viscachani, Contorno Arriba y Cañaniri) los mayores porcentajes de parasitismo, con valores superiores al 40%, a diferencia de Colcha K, Vinto y Julaca (Altiplano Sur), donde se observó los

menores porcentajes de parasitismo, con valores inferiores al 5%. El resto de las comunidades: Lacaya, Calpaya, Crucero Belén, Contorno Centro y Villa Manquiri (la primera del Altiplano Norte y el resto del Altiplano Centro), registraron porcentajes de parasitismo natural de *E. quinoa* que fluctuó entre 27% y 38%. El promedio de 28% de parasitismo, es un valor que se aproxima a los niveles de eficiencia de control de esta plaga, que se obtiene empleando extractos botánicos y/o algunos bioinsecticidas disponibles en el mercado local. Esto muestra el importante rol que éstos parasitoides desempeñan en la regulación natural de *E. quinoa*.

Los porcentajes de parasitismo natural, registrados en cada una de las comunidades, fue el producto de la acción conjunta de un complejo de dos a seis parasitoides, quienes están regulando la población larval de *E. quinoa* a diferentes niveles (Anexo 1). Según el Cuadro 1, los parasitoides que contribuyeron en mayor proporción a la regulación de larvas de la polilla de la quinua, en las doce comunidades, son *Cotesia* sp. y *Meteorus* sp., registrando porcentajes de parasitismo promedio superiores al 6%. En contraste, la microavispa *Copidosoma* sp. fue la especie que contribuyó en menor proporción al control de *E. quinoa* (1.2%).

Las comunidades que se destacan por mayor diversidad de parasitoides son Viscachani, Contorno Centro y Lacaya, las dos primeras ubicadas en el Altiplano Centro y la última en el Altiplano Norte, que registraron seis parasitoides. Las comunidades de Colcha K, Vinto y Julaca en el Altiplano Sur, registraron dos y tres parasitoides (Cuadro 1).

En función de la abundancia de los parasitoides (Cuadro 1) se observa claramente dos grupos, el primero formado por las comunidades del Altiplano Centro y Norte, de las cuales destacan Viscachani y Contorno Centro, con la mayor cantidad de parasitoides. El segundo grupo está formado por comunidades del Altiplano Sur con baja cantidad de estos controladores biológicos. Las diferencias pueden ser explicadas por las características propias de la agricultura en cada uno de estos territorios, además de la composición florística de malezas y plantas nativas, que se registran y distribuyen en estas zonas.

La distribución e importancia relativa de los seis parasitoides identificados resultó muy variable, sin embargo claramente destaca una especie que se encontró en todas las localidades: el Tachinido *Phytomyia* sp. que mostró una frecuencia media del 5.3%, siendo el parasitoide más abundante en Cañaviri (14.3%) y el segundo más abundante en Colquencha (11%). Al respecto, Stireman *et al.* (2009), afirman que las moscas pertenecientes a la familia Tachinidae son diversas y se constituyen en importantes enemigos naturales de muchas plagas. Todas las especies conocidas de esta familia son parasitoides de artrópodos, principalmente de larvas de lepidópteros, grupo taxonómico al cual corresponde *E. quinoa*.

Los porcentajes de parasitismo registrados en el presente trabajo son menores a los reportados por Mamani (1998) y PROINPA (2013), quienes indican que poblaciones de larvas de la polilla de la quinua, registran parasitismo natural entre 43% y 65 % en el Altiplano Central del país.

## Conclusiones

- La población larval de la polilla de la quinua en las comunidades muestreadas, está siendo regulada por un complejo de seis parasitoides, cinco avispas (Hymenóptera) y una mosca (Díptera). Entre las avispas, las especies registradas fueron: *Cotesia* sp. (Braconidae), *Meteorus* sp. (Braconidae), *Deleboea* sp. (Ichneumonidae), *Venturia* sp. (Ichneumonidae) y *Copidosoma* sp. (Encyrtidae) y la mosca fue identificada como *Phytomyptera* sp. (Tachinidae).
- El porcentaje de parasitismo natural promedio fue de 28% en las doce comunidades, destacando Viscachani con 44.7 % de parasitismo en promedio.
- Los parasitoides *Cotesia* sp. y *Meteorus* sp. fueron las especies que mayores niveles de parasitismo registraron en las comunidades del Altiplano Norte, Centro y Sur.
- Los importantes porcentajes de parasitismo natural registrados en larvas de *E. quinoa*, en comunidades productoras de quinua del altiplano del país, evidencian la necesidad de implementar prácticas de manejo integrado de plagas que permitan conservar e incrementar los organismos beneficios en estos agroecosistemas.
- Indudablemente este trabajo arroja sólo una visión parcial del parasitismo natural sobre *E. quinoa*, ya que el periodo de muestreo abarcó un período de tiempo limitado, además solo se estudió el parasitismo

sobre el estado larval de una campaña agrícola. No se descarta el registro de nuevos parasitoides en los mismos lugares muestreados y en diferentes épocas con iguales u otros métodos de colecta.

- En la actividad de los parasitoides, un punto a considerar es el efecto que tienen el cambio climático y los desarreglos ambientales, en su labor de control. Se sabe que las especies de insectos plaga son capaces de responder rápidamente ante cambios medioambientales, sin embargo, el efecto que esta respuesta tiene sobre las poblaciones de sus enemigos naturales (parasitoides y predadores) es todavía desconocido. Este es un aspecto a tener en cuenta al pensar en la implementación de programas de control biológico.
- Una de las limitaciones en el uso de los parasitoides (liberaciones dirigidas) en los programas de control biológico es el mantenimiento de crías masivas en el laboratorio. Para ello, inicialmente será necesario desarrollar la cría masiva del hospedero (*E. quinoa*) y generar información sobre la biología y reproducción de sus parasitoides, para luego disponer de una herramienta de control biológico natural.

## Referencias citadas

- Altieri, A., Nicholls, C. 2010. Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. SOCLA. Medellín, Colombia. 83 p.
- Avalos, F. 1996. Identificación y dinámica poblacional de la polilla de la quinua *Eurysacca melanocampta*. Tesis de

- grado Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UMSA. 121 p.
- Costa, F., Yabar, E., Gianoli, E. 2009. Parasitismo sobre *Eurysacca melanocampta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) en dos localidades de Cuzco, Perú.
- Fernández, F., Sharkey, M. 2006. Sistemática de los himenópteros de la Región Neotropical: Estado del conocimiento y perspectivas. **En:** Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Fernández, F. y M. J. Sharkey (eds.). Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. pp. 7-35.
- Gauld, I. 1991. The Ichneumonidae of Costa Rica. 1 Introduction, keys to subfamilies, and keys to the species of the lower pimpliform subfamilies: Rhyssinae, Pimplinae, Poemeniinae, Acaenitinae and Cyloceriinae. The American Entomological Institute. Florida, EEUU. 589 p.
- IBTA, 1997. Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria. Informe Anual 1996-1997. Programa Quinoa, IBTA. La Paz, Bolivia. 185 p.
- Mamani, D. 1998. Control biológico en forma natural de la polilla de la quinua (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) por parasitoides y perspectivas de cría para su manipulación en el Altiplano Central. Tesis Ing. Agr. UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 90-91.
- PROINPA, 2003. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. Informe Proyecto *Desarrollo y validación participativa de las innovaciones tecnológicas que mejoran las estrategias para manejo sostenible de la quinua*. Fundación McKnight. La Paz, Bolivia. 127 p.
- PROINPA, 2013. Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos. Informe Anual 2009-2010 del Proyecto *Desarrollo y validación participativa de las innovaciones tecnológicas que mejoren las estrategias para manejo sostenible del sistema centrado en quinua en el Altiplano boliviano*. Fundación McKnight. La Paz, Bolivia. 145 p.
- Saravia, R., Quispe, R. 2006. Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. **En:** Módulo 2: Manejo agronómico de la quinua orgánica. Fundación PROINPA. pp. 53-86.
- Saravia, R., Quispe, R. 2003. Ciclo biológico de la polilla de la quinua *Eurysacca melanocampta* Meyrick. Ficha técnica No.6. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 4 p.
- Saravia, R., Mamani, A., Bonifacio, A., Alcon, M. 2008. Diagnóstico de los enemigos naturales de las plagas del cultivo de quinua. Fundación PROINPA. Informe Anual 2008-2009. Rubro Granos Altoandinos. Cochabamba, Bolivia, 215 p.
- Sharkey, M. 2006. Two new genera of Agathidinae (Hymenoptera: Braconidae) with a key to the genera of the New World. Zootaxa: 1185: 37-51.
- Van Driesche, R., Hoddle, M., Center, D. 2007. Control de plagas y malezas por enemigos naturales. UDSA. Traducción por E. Ruiz y J. Coronada. Universidad de Tamaulipas. Cd. Victoria, México. 796 p.

Trabajo recibido el 11 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 18 de junio de 2014

**Cuadro 1.** Relación de parasitoides y porcentaje de parasitismo natural en larvas de *E. quinoae*, en orden decreciente de abundancia, provenientes de comunidades del Altiplano Boliviano (2013)

Parasitoide	Tipo de parasitoides	Larvas colectadas y % parasitismo natural / Comunidad												
		Viscachani <sup>AC</sup>	Contorno Arriba <sup>AC</sup>	Cañaviri <sup>AC</sup>	Colquecha <sup>AC</sup>	Calpaya <sup>AC</sup>	Lacaya <sup>AN</sup>	Crucero Belén <sup>AC</sup>	Contorno Centro <sup>AC</sup>	Villa Manquiri <sup>AC</sup>	Colcha K <sup>AS</sup>	Vinto <sup>AS</sup>	Julaca <sup>AS</sup>	Promedio
HYMENÓPTERA Apocrita: Icheumonoidea Braconidae: Microgastrinae <i>Cotesia</i> sp. Cameron.	Endo Larva-Pupal	11.6	13.4	8.6	8.0	7.8	14.7	5.8	8.6	0.0	0.0	1.5	0.6	6.7
Braconidae: Meteorinae <i>Meteorus</i> sp. Haliday.	Endo Larva-Pupal	18.4	8.6	5.7	0.5	11.2	5.3	6.4	6.8	6.5	3.2	0.0	0.0	6.1
Ichneumonidae: Campopleginae <i>Venturia</i> sp. Schrottky.	Endo Larva-Pupal	1.0	7.7	7.9	16.5	8.0	4.7	0.0	3.9	9.0	0.8	0.8	0.0	5.0
Ichneumonidae: Banchinae <i>Deleboea</i> sp. Cameron.	Endo Larva-Pupal	10.4	0.6	0.0	0.0	7.0	5.5	17.9	6.2	1.0	0.0	1.5	0.0	3.3
Apocrita: Chalcidoidea Encyrtidae: Encyrtinae <i>Copidosoma</i> sp. Ratzeburg.	Endo Huevo	0.9	2.5	3.6	2.5	0.0	0.8	1.3	0.5	2.5	0.0	0.0	0.0	1.2
DÍPTERA Brachycera: Oestroidae Tachinidae: Tachininae <i>Phytomyptera</i> sp. Rondani.	Ecto Larva pupario	2.4	9.4	14.3	11.0	3.9	4.2	1.3	5.3	8.0	0.8	0.8	1.9	5.3
<b>Total</b>		<b>44.7</b>	<b>42.2</b>	<b>40.1</b>	<b>38.5</b>	<b>37.9</b>	<b>35.2</b>	<b>32.7</b>	<b>31.3</b>	<b>27.0</b>	<b>4.8</b>	<b>4.6</b>	<b>2.5</b>	<b>28.5</b>

Referencias: <sup>AN</sup> = Altiplano Norte; <sup>AC</sup> = Altiplano Centro; <sup>AS</sup> = Altiplano Sur; Endo = Endoparasitoide; Ecto = Ectoparasitoide

**Anexo 1:** Niveles de parasitismo del complejo de parasitoides de la polilla de la quinua en doce comunidades del Altiplano Boliviano (2013)

<b>Localidad</b>	<b><i>Meteorus</i> sp.</b>	<b><i>Cotesia</i> sp.</b>	<b><i>Venturia</i> sp.</b>	<b><i>Deleboea</i> sp.</b>	<b><i>Copidosoma</i> sp.</b>	<b><i>Phytomyptera</i> sp.</b>
Viscachani	18.4	11.6	1.0	10.4	0.9	2.4
Contorno Arriba	8.7	13.5	7.7	0.6	2.5	9.4
Cañaviri	5.7	8.6	7.9	0.0	3.6	14.3
Colquecha	0.5	8.0	16.5	0.0	2.5	11.0
Calpaya	11.2	7.8	8.1	7.0	0.0	3.9
Lacaya	5.3	14.7	4.7	5.5	0.8	4.2
Contorno Centro	8.6	6.8	6.2	5.3	3.9	0.5
Villa Manquiri	6.5	0.0	9.0	1.0	2.5	8.0
Crucero Belén	6.4	5.8	0.0	17.9	1.3	1.3
Colcha K	3.2	0.0	0.8	0.0	0.0	0.8
Julaca	0.0	1.5	0.8	1.5	0.0	0.8
Vinto	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	1.9

# Lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano: Actualización taxonómica

Raúl Saravia; Reinaldo Quispe; Luis Crespo

Trabajo financiado por: Embajada de Holanda; Fundación McKnight; Fundación PROINPA

E mail: r.saravia@proinpa.org

**Resumen.** El objetivo de la presente actividad fue actualizar la taxonomía de las plagas de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua, en el Altiplano Boliviano, y conocer su distribución geográfica. Con esta finalidad se recolectaron larvas de lepidópteros en campos de quinua, en las localidades de Jalsuri, Konani (Altiplano Central), Salinas de Garci Mendoza y Chacala (Altiplano Sur) y criados hasta la obtención de adultos en el Laboratorio de Entomología de la Fundación PROINPA, ubicado en la localidad de Quipaquipani (Viacha, La Paz). También se recolectaron insectos adultos utilizando trampas luz tipo estándar. Los adultos, provenientes de larvas colectadas en la localidad de Jalsuri y Konani, fueron identificados como *Copitarsia incommoda* Walker, *Helicoverpa quinoa* Pogue and Harp, *Dargida acanthus* Herrich – Schaffer. Las identificaciones fueron lideradas por el Dr. Michael Pogue, especialista en la identificación de lepidópteros del Museo Entomológico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

**Palabras clave:** Entomología; Plagas; Identificación Taxonómica

**Summary. Lepidoptera associated to quinoa crop in the Bolivian Altiplano: Taxonomic updated.** The aim of this activity was to update the taxonomy of lepidoptera pests associated to quinoa crop, in the Bolivian Altiplano, and to know their geographical distribution. For this purpose, lepidopteran larvae were collected in quinoa fields, in the villages of Jalsuri, Konani (Central Highland), Salinas de Garcia Mendoza and Chacala (Southern Highland) and reared at the Entomology lab of PROINPA Foundation located in Quipaquipani (La Paz) to obtain adults. Also, adult insects were collected by using standard type light traps. Adults from larvae collected in the villages of Jalsuri and Konani were identified as *Copitarsia incommoda* Walker, *Helicoverpa quinoa* Pogue and Harp, *Dargida acanthus* Herrick - Schaffer. Identifications were conducted by Dr. Michael Pogue, a specialist in identifying lepidopteran in the Entomological Museum, USA Department of Agriculture (USDA).

**Keywords:** Entomology; Pests; Taxonomic Identification

## Introducción

La identificación correcta de las especies que dañan los cultivos es el instrumento básico para su manejo. En el Altiplano Boliviano, los primeros trabajos con feromonas sexuales, en el manejo integrado de las plagas del cultivo de la quinua, demostraron que existía una imprecisión en la identificación de las

principales plagas de este cultivo (Saravia *et al.*, 2013). Trabajos subsecuentes para identificar plagas de lepidópteros, asociados al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano, mostraron que las especies dañinas, para la quinua, en esta zona son *Helicoverpa gelotopoeon*, *Copitarsia incommoda*, *Dargida acanthus* y *Tacholi teodice* (larva de una mariposa diurna).

Un reciente trabajo de Michael Pogue del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), en coordinación con entomólogos de la Fundación PROINPA, basado en ADN Mitocondrial y disección de genitales, mostraron que la especie *Helicoverpa gelotopoeon*, corresponde a *Helicoverpa quinoa* (Pogue, 2014). Este especialista también indica que sería difícil diferenciar las especies *H. quinoa*, *H. gelotopoeon* y *H. titicacae* sólo por caracteres morfológicos.

La identificación de insectos y de plagas en general es una tarea difícil, en algunos casos existe gran similitud entre adultos y estadíos inmaduros de algunas especies, que hace difícil identificarlos correctamente, creando confusión y frecuentemente errores de identificación. Entonces es necesario recurrir a métodos avanzados como la disección de genitales o incluso el análisis molecular de las mitocondrias, para separar especies similares. En la identificación de las especies, una herramienta de vital importancia, es la disponibilidad de claves taxonómicas específicas, llamadas también claves dicotómicas, éstas son guías que presentan un listado de frases que indican las características particulares de los organismos a clasificar o identificar.

A manera de antecedentes, en cuanto a lepidópteros asociados al cultivo de la quinua, Saravia y Quispe (2005), indican que éstos corresponden al complejo noctuideo, los adultos son mariposas nocturnas conocidas comúnmente por los agricultores como *rafaelitos* o *alma k'epis* por ser considerados de mala suerte. Tienen un cuerpo corto y robusto tapizado de escamas o pelos de color marrón oscuro y de tamaño medio.

Según Ortiz y Zanabria (1979), las larvas de estas mariposas nocturnas son conocidas como *ticonas*, *ticuchis*, *sillwi kuro* y *gusano de tierra*, nombres comunes que los agricultores dan a las larvas que pertenecen a la familia Noctuidae. Los *ticonas* son un grupo complejo, formado por tres géneros, se alimentan cortando las plantas recién emergidas, destruyendo las hojas apicales y las panojas en formación; una larva por planta es suficiente, para ocasionar serios daños en el cultivo.

El complejo de *ticonas* (*Helicoverpa*, *Copitarsia* y *Dargida*) influyen negativamente en la producción, causando pérdidas económicas considerables (Saravia y Quispe, 2005).

Es importante destacar que la colecta de insectos requiere aplicar una gama de técnicas debido al gran número de especies y variedades de hábitos de vida que presentan. La mayoría de las técnicas utilizadas responden a objetivos específicos de cada tipo de estudio, sin embargo, generalmente son divididas en técnicas directas (activas) y técnicas de colecta indirectas (pasivas) (Steyskal *et al.*, 1986; Borror *et al.* 1989).

La **colecta directa** es aquella en la que se busca de manera activa a los insectos en sus ecosistemas, haciendo uso de una variedad de herramientas como redes entomológicas, cernidores, palas de jardinería, aspiradoras, etc. Esta estrategia es ampliamente utilizada por la mayoría de los colectores y es la más adecuada para capturar estados inmaduros de los insectos.

La **colecta indirecta** es aquella en la que se capturan insectos utilizando algún tipo de atrayente y que no implica búsqueda directa en los ecosistemas. El

tipo y número de trampas y el cebo a utilizar, también depende directamente de los objetivos de la investigación. Entre las trampas sin atrayentes se puede mencionar las trampas “de caída”, las trampas “Malaise”, las trampas de “intercepción o ventana”. Entre las trampas con cebos o atrayentes, el nombre está dado por el tipo de cebo que usa, las más importantes son las copotrapas (cebadas con excremento), carpotrapas (cebadas con frutas), necrotrapas (con carroña), las trampas luz, Embudo de Berlese y las trampas con feromonas (Marquez, 2005).

Los objetivos del trabajo se centraron en actualizar la taxonomía de las plagas de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua, en las zonas de producción de quinua del Altiplano Boliviano y conocer su distribución geográfica.

## Metodología

La actividad de identificación en el presente trabajo se desarrolló en tres etapas:

En la **primera** se procedió a la recolección de especímenes inmaduros en cultivos de quinua del Altiplano Boliviano, durante la época de mayor ataque. El método utilizado fue la colecta directa. Las larvas recolectadas fueron trasladadas al Laboratorio de Entomología del Centro Quipaquipani, de PROINPA, donde se las individualizó para impedir el canibalismo y se las crió con dieta artificial, hasta la obtención de pupas y adultos, después fueron montados siguiendo las recomendaciones técnicas sugeridas por Borrór *et al.* (1989). Paralelamente se procedió a la captura de insectos adultos utilizando trampas luz. La trampa luz utilizada fue la estándar,

que contenía en su interior cianuro de potasio en una bolsa de tela, para matar los insectos atrapados. Al día siguiente, los insectos fueron colocados en frascos de vidrio y trasladados al laboratorio para proceder con el montaje.

En la **segunda** etapa se procedió a la selección, preparación y acondicionamiento del material para ser enviado al Laboratorio de Entomología del Departamento Agrícola de los Estados Unidos (USDA) para su identificación.

La **tercera** etapa, consistió en la identificación de los especímenes enviados a personeros del Laboratorio de Entomología del USDA, quienes utilizando la descripción morfológica, la disección de genitales y análisis mitocondrial, identificaron los especímenes enviados y los resultados fueron expuestos en una visita al país del Dr. Michael Pogue del USDA, en enero del año 2014.

Para conocer la distribución geográfica de las especies, se georeferenciaron los puntos de muestreo, para proceder a la construcción de mapas de distribución, utilizando la aplicación ArgGIS®.

## Resultados y discusión

### *Identificación de las especies*

El Cuadro 1 muestra la lista de las especies que se manejaba del año 2008 al 2013 y la lista de especies identificadas al año 2014 por el Dr. Pogue. El cuadro muestra que son 10 las especies de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano.

**Cuadro 1.** Modificaciones en la clasificación taxonómica de lepidópteros plagas del cultivo de quinua en Bolivia entre dos periodos de tiempo

Nro.	Clasificación manejada en el periodo 2008 – 2013	Especies identificadas al año 2014
1	<i>Eurysacca melanocampta</i> Meyrick	<i>Eurysacca melanocampta</i> Meyrick
2	<i>Eurysacca quinoae</i> Povolný	<i>Eurysacca quinoae</i> Povolný
3	<i>Copitarsia incommoda</i> (Walker)	<i>Copitarsia incommoda</i> (Walker)
4	--	<i>Copitarsia patagonica</i> Hampson
5	<i>Heliothis titicaquensis</i>	<i>Helicoverpa titicacae</i> Hardwick
6	<i>Helicoverpa gelotopoeon</i> (Dyar)	<i>Helicoverpa quinoa</i> Pogue and Harp.*
7	<i>Helicoverpa atacamae</i> Hardwick	<i>Helicoverpa atacamae</i> Hardwick
8	<i>Dargida acanthus</i> (Herrich-Schäffer)	<i>Dargida acanthus</i> (Herrich-Schäffer)
9	<i>Tatochila</i> sp.	<i>Tatochila mercedis</i> (Eschscholtz)
10	<i>Agrotis andina</i> Köhler	<i>Agrotis peruviana</i> (Hampson)

Cuadro elaborado en base a los resultados de Pogue (2014) y San Blas (2014).

\* Nueva especie.

En el Cuadro 1 es importante hacer notar que la especie identificada como *H. gelotopoeon*, el año 2008 por el mismo autor, fue identificada ahora como *Helicoverpa quinoa* que llega a ser una nueva especie reportada como plaga de la quinua en base a caracteres morfológicos, disección de genitalia y análisis mitocondrial. Este autor indica que es difícil distinguir entre *H. gelotopoen* y *H. quinoa* solo por sus diferencias morfológicas y que se requieren análisis de genitalias. Otras especies que han sufrido cambios en la taxonomía son *Heliothis titicaquensis* y *Agrotis andina*, que fueron identificadas como *Helicoverpa titicacae* y *Agrotis peruviana*, según un análisis morfológico y filogenético realizado por Pogue (2014) y San Blas (2014). Otro aspecto que llama la atención es que en la lista del año 2014, aparece *Copitarsia patagonica* que no estaba mencionada hasta el año 2013. Las otras especies menciona-

das en el cuadro mantuvieron su identificación.

#### **Distribución geográfica de las especies identificadas**

El Cuadro 2 muestra la lista de las especies de las plagas de lepidópteros asociadas al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano, detallando la familia a la que pertenecen, el método de colecta, el tipo de plaga y la distribución geográfica de las mismas. Este cuadro muestra que cinco especies de lepidópteros: *Eurysacca melanocampta*, *Eurysacca quinoae*, *Copitarsia incommoda*, *Helicoverpa titicacae* y *Helicoverpa quinoa*, fueron catalogadas como plagas clave del cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano, cuatro como ocasionales: *Copitarsia patagonica*, *Helicoverpa atacamae*, *Dargida acanthus*, *Tatochila mercedis* y una como plaga potencial: *Agrotis peruviana*.

La Figura 1 describe, en detalle, la distribución geográfica y la abundancia de las especies *Helicoverpa titicacae* y *H. quinoa* en el Altiplano Boliviano. Se observa que *Helicoverpa titicacae* se encuentra principalmente en el Altiplano Norte y se extiende hasta el Altiplano Central. En cambio *H. quinoa* se encuentra distribuida en las zonas de producción de quinua ubicadas en el contorno de los salares de Uyuni y Coipasa (Altiplano Sur), cuya presencia se extiende también hacia el Altiplano Central sin llegar al Altiplano Norte.

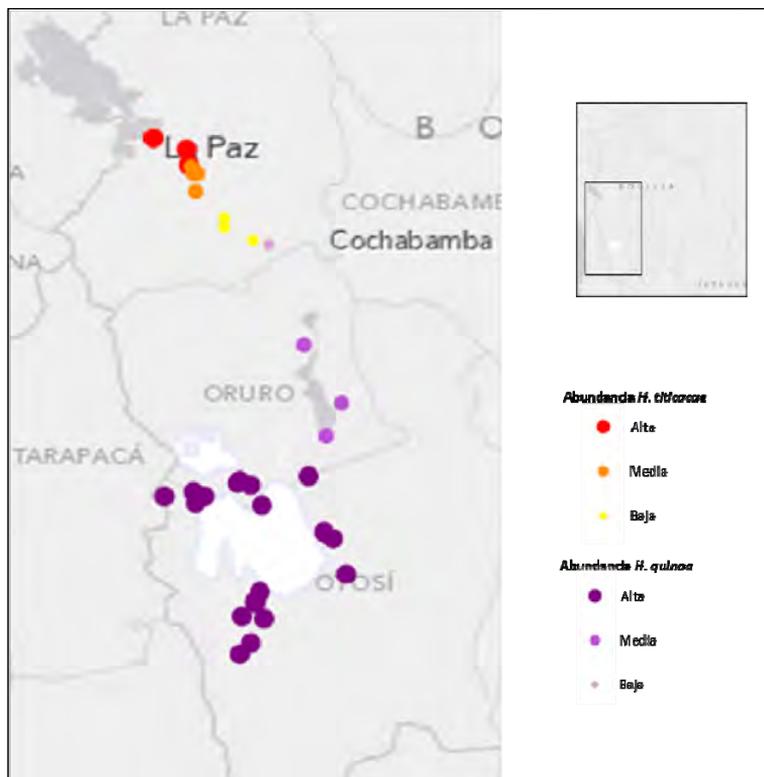
La Figura 2 muestra la distribución y abundancia de *Eurysacca melanocampata* y *E. quinoae* en las diferentes zonas de producción de quinua del Altiplano Boliviano.

De acuerdo a esta figura, *Eurysacca melanocampata* abunda en el Altiplano Norte y se extiende hasta el Altiplano Central. En contraste, *E. quinoae* abunda en el Altiplano Sur y Centro donde se encuentra en altas poblaciones.

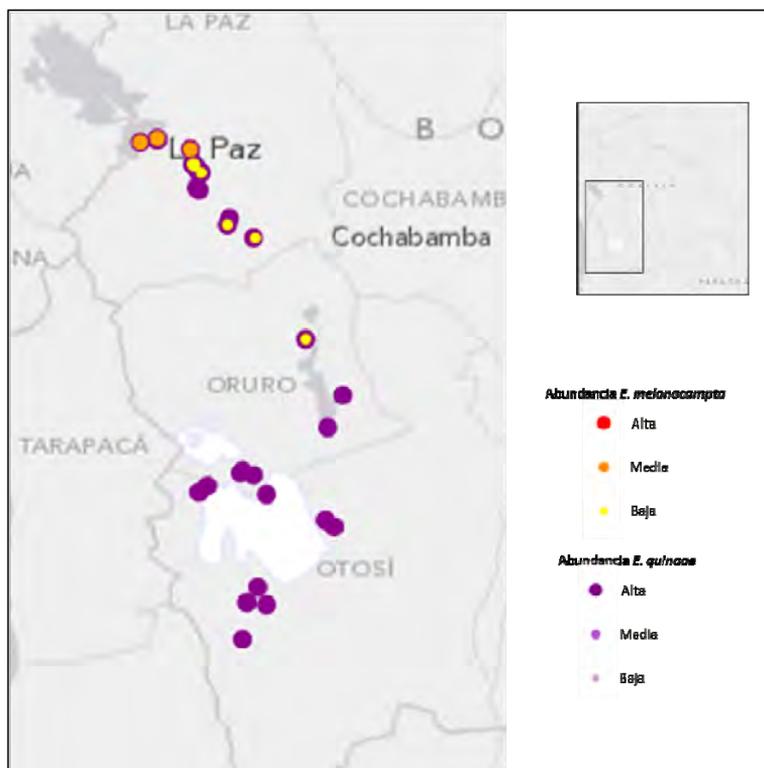
**Cuadro 2.** Distribución geográfica de las especies de lepidópteros asociadas al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano

Nro.	Especie	Sub familia	Familia	Método de colecta	Tipo de plaga	Distribución
1	<i>Eurysacca melanocampata</i> Meyrick	--	Gelechiidae	CI	C	AN, AC
2	<i>Eurysacca quinoae</i> Povolny	--	Gelechiidae	CI, TI	C	AN, AC, AS
3	<i>Copitarsia incommoda</i> (Walker)	Cucullinae	Noctuidae	CI, TI	C	AN, AC
4	<i>Copitarsia patagonica</i> Hampson	Cucullinae	Noctuidae	CI, TI	O	AC, AS
5	<i>Helicoverpa titicacae</i> Hardwick	Heliotinae	Noctuidae	CI, TI	C	AN, AC
6	<i>Helicoverpa quinoa</i> Pogue and Harp.*	Heliotinae	Noctuidae	CI, TI	C	AC, AS
7	<i>Helicoverpa atacamae</i> Hardwick	Heliotinae	Noctuidae	CI	O	AS
8	<i>Dargida acanthus</i> (Herrich-Schäffer)	Hadeninae	Noctuidae	CI, TI	O	AN, AC, AS
9	<i>Tatochila mercedis</i> (Eschscholtz)	--	Artidae	CI	O	AN, AC
10	<i>Agrotis peruviana</i> (Hampson)	--	Noctuidae	TI	P	AN; AC; AS

Referencias: *Método de colecta*: CI = Colecta larva en plantas de quinua, TI = Colecta con trampa luz en parcelas de quinua. *Tipo de plaga*: C = Plaga clave, O = Plaga ocasional, P = Plaga potencial. *Distribución*: AN = Altiplano Norte, AC = Altiplano Centro, AS = Altiplano Sur. \* = Primer reporte aun no publicado (Pogue, 2014). *Cuadro elaborado en base a los resultados de Pogue (2014) y San Blas (2014)*



**Figura 1.** Distribución y abundancia de *Helicoverpa titicacae* y *H. quinoa* en el Altiplano Boliviano (2013)



**Figura 2.** Distribución y abundancia de *Eurysacca melanocampta* y *E. quinoae* en el Altiplano Boliviano (2013)

## Conclusiones

- En el Altiplano Boliviano son diez las especies de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua, de las cuales cinco: *Eurysacca melanocampta*, *Eurysacca quinoae*, *Copitarsia incommoda*, *Helicoverpa titicacae* y *Helicoverpa quinoa* fueron catalogadas como plagas clave del cultivo de la quinua; cuatro como ocasionales: *Copitarsia patagonica*, *Helicoverpa atacamae*, *Dargida acanthus*, *Tatochila mercedis* y una como plaga potencial: *Agrotis peruviana*
- *Helicoverpa titicacae* abunda en el Altiplano Norte y se extiende hasta el Altiplano Central. En contraste, *H. quinoa*, una plaga endémica del Altiplano Boliviano, abunda en el Altiplano Sur y se extiende hacia el Altiplano Central sin llegar al Altiplano Norte.
- *Eurysacca melanocampta* es la especie dominante en el Altiplano Norte y se extiende hasta el Altiplano Central y *E. quinoae* es la especie dominante en el Altiplano Sur y Centro.

## Referencias citadas

Borror, D., Triplehorn, C., Johnson, N. 1989. An introduction to the study of insect. Saunders College Publishing. Philadelphia.

Marquez, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, Nro. 37:385-408.

Ortiz, R., Zanabria, E. 1979. Plagas. **En:** Quinua y kañiwa, cultivos andinos. CIID. Bogotá, Colombia. Serie: Libros y materiales educativos.

Pogue, M. 2014. Primer reporte de lepidópteros asociados al cultivo de la quinua en Bolivia. Febrero 2014 (en edición).

San Blas, D. 2014. Revisión sistemática y análisis cladístico del género *Agrotis* Ochsenheimer (Lepidoptera: Noctuidae) en Argentina. Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Tucumán.

Saravia, R., Bonifacio, A., Gandarillas, A. 2013. Las feromonas en el MIP – Quinua: Estado actual de la investigación y difusión. **En:** Memoria Congreso Científico de la Quinua, 14-15 de junio de 2013. La Paz, Bolivia.

Saravia, R., Quispe, R. 2005. Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. **En:** Módulo 2: Manejo Agronómico de la quinua orgánica. Fundación PRO-INPA. pp. 53-86.

Steyskal, G., Murphy, W., Hoover, E. 1986. Insects and mites: Techniques for collection and preservation. US Department of Agriculture, Miscellaneous Publication. No 1443.

Trabajo recibido el 13 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 30 de junio de 2014

## Bacterias asociadas al cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano y su potencial biotecnológico

Noel Ortuño; Mayra Claros; Claudia Gutiérrez; Marlene Angulo; José Castillo

*Trabajo financiado por: FONTAGRO; Fundación McKnight; Fundación PROINPA*

*E mail: n.ortuno@proinpa.org*

**Resumen.** La quinua crece en condiciones extremas de humedad y temperatura en una zona semidesértica, por tanto es posible que también sus microorganismos simbioses estén adaptados a esas condiciones extremas. Estos microorganismos representan un gran potencial para el desarrollo de biotecnología adaptada a la quinua. Para ello se colectaron plantas de quinua y muestras de suelo del Altiplano Sud, estas fueron llevadas al laboratorio donde se aislaron diferentes especies de bacterias y se examinó el servicio ambiental que pueden brindar (fijador de nitrógeno, solubilizador de fósforo o generador de AIA). Luego las bacterias fueron identificadas mediante técnicas moleculares: *Bacillus amyloliquefaciens*; *B. tequilensis*; *B. vallismortis*; *B. subtilis*; *B. pumilus*; *B. licheniformis* y *B. firmus* (aislados de las hojas). *B. aryabhatai*; *B. horikoshii*; *B. megaterium*; *B. pumilus* y *Paenibacillus odorifer*; *Pseudomonas* sp.; *B. subtilis*; *Azotobacter* sp. (aislados de las raíces); *B. subtilis*; *B. pumilus*; *B. amilequefasciens* (aislados del grano). También se aisló *B. cereus*, *B. thuringiensis* de la rizósfera, y esta última especie como endófito. Esta gran diversidad de especies y cepas de bacterias asociadas a la quinua representan un potencial para desarrollar productos biotecnológicos destinados a mejorar la sostenibilidad y productividad del cultivo de quinua en el Altiplano Sud de Bolivia.

**Palabras clave:** Microorganismos; Simbioses; Servicios Ambientales

**Summary. Bacteria associated to quinoa crop in the Bolivian Altiplano and its biotechnological potential.** Quinoa grows in semi-desert areas and under extreme conditions of humidity and temperature. Therefore, it may be possible that their symbionts microorganisms are also adapted to these extreme conditions. These microorganisms represent a great potential for the development of biotechnology adapted to quinoa. For this purpose, quinoa plants and soil samples from the Southern Altiplano were collected and taken to the laboratory where different bacteria species were isolated and the environmental service was examined about the services it provides (nitrogen fixing, phosphorus solubilizing or AIA generator). Then, the bacteria were identified by using molecular techniques: *Bacillus amyloliquefaciens*; *B. tequilensis*; *B. vallismortis*; *B. subtilis*; *B. pumilus*; *B. licheniformis* and *B. firmus* (isolated from the leaves). *B. acillus aryabhatai*; *Bacillus horikoshii*; *B. megaterium*; *B. pumilus* and *Paenibacillus odorifer*; *Pseudomonas* sp.; *B. subtilis*; *Azotobacter* sp. (Isolated from the roots); *B. subtilis*; *B. pumilus*; *B. amilequefasciens* (isolated from quinoa grains). Also *B. cereus*, *B. thuringiensis* were isolated from rhizosphere and this last specie as endophyte. This great diversity of species and strains of bacteria associated with quinoa is a potential to develop biotech products for improving the quinoa sustainability and productivity in the Andean region of Bolivia.

**Keywords:** Microorganisms; Symbionts; Environmental Services

## Introducción

La mayoría de suelos donde crecen plantas naturalmente propagadas son colonizados por comunidades microbianas que abarcan una gran variedad de géneros y especies. Esta microbiota simbiote obligada o facultativa, está asociada al reciclaje de nutrientes, a aumentar el crecimiento vegetal y a acelerar el desarrollo o mejorar la resistencia de las plantas al estrés ambiental. También a la producción de fitohormonas, metabolitos y enzimas, a inducir la resistencia basal de las plantas, a la supresión de patógenos en el suelo o a desempeñarse como agentes entomopatógenos (Sturz *et al.*, 2000 y Harrison, 2005).

Existen microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos y otros) que viven dentro de las plantas y se llaman endófitos, estos se localizan en espacios intracelulares, intercelulares o en el tejido vascular (Reinhold-Hurek, y Hurek, 1998). Estas al estar en una asociación íntima con las plantas, tienen efectos benéficos de mayor trascendencia en comparación con las que viven en la zona de influencia de la raíz (rizósfera). Los microorganismos endófitos tienen menor competencia que las rizosféricas para tomar sus nutrientes y por lo tanto brindan beneficios directamente a la planta hospedante (Muñoz-Rojas y Caballero, 2003).

En el presente trabajo se pretende explorar estas ventajas naturales de simbiosis que las plantas de quinua presentan en su hábitat natural que es el Altiplano Sur boliviano, el cual se caracteriza por ser árido y semidesértico, con suelos de baja fertilidad y alta erosión, donde los procesos de reciclaje de nu-

trientes, retención de humedad en el suelo y actividad microbiana son limitados, existiendo por ello baja diversidad de especies nativas y cultivadas.

A pesar de las condiciones climáticas y edafológicas tan agrestes del Altiplano, la quinua se desarrolla apropiadamente, es decir es una planta adaptada a esa ecología. Aunque no se tienen datos experimentales, se puede suponer que los microorganismos simbiotes asociados a la quinua también deben estar bien adaptados a ese hábitat, por lo cual, explorar la microbiología de esta planta representa una oportunidad para comprender los fenómenos de nutrición de planta, restauración de la fertilidad, supresión de patógenos y otros mecanismos que están presentes en estos ecosistemas extremos. Este conocimiento puede representar un potencial para recuperar la salud del suelo del Altiplano buscando mitigar los efectos negativos del ambiente.

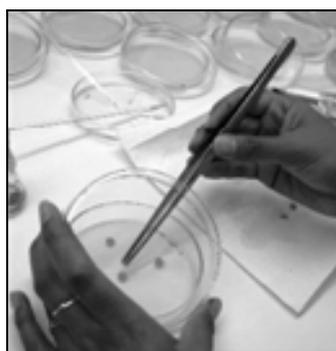
## Materiales y métodos

**A) Toma de muestras:** Las muestras de plantas fueron colectadas de parcelas de producción de quinua orgánica. Se tomaron sistemáticamente cinco plantas por parcela de producción, se consideraron 10 parcelas en tres comunidades de las zonas de Salinas de Garci Mendoza, Quillacas y Challapata del departamento de Oruro. Asimismo, en el departamento de Potosí se obtuvieron muestras de parcelas de las comunidades de Chacalla, Mañica y Llica. Se consideraron diferentes órganos (raíz, hojas y granos) para aislar bacterias y hongos endófitos y también se aislaron microorganismos del rizoplano y la rizósfera. Las muestras fueron transportadas en bolsas plásticas, mantenidas frías en conservadoras

hasta el laboratorio, donde se almacenaron a 10°C hasta procesarlas, excepto las muestras dedicadas al análisis molecular que se guardaron a -20°C.

**B) Aislamiento de bacterias endófitas:**

Para el aislamiento de bacterias endófitas se utilizó el protocolo del *Manual de Microbiología* de Dion y Magallón (2009). Los tejidos fueron fragmentados, se los esterilizó superficialmente y luego cada trozo fue depositado en medio agar *Tripticasa de Soya* (TSA) e incubadas a 28°C por 72 horas. Una vez crecidas las colonias, se aislaron en tubos con TSA para posteriores pruebas de caracterización (Figura 1).



**Figura 1.** Proceso de aislamiento de microorganismos endófitos

**C) Caracterización de los servicios ambientales de los microorganismos:**

Una vez realizados los aislamientos se investigó el servicio ambiental que brinda cada aislamiento bacteriano, entre ellos: fijación de nitrógeno, solu-

bilización de fósforo, producción de ácido indol acético (AIA). Se estableció el potencial que representan estos microorganismos para desarrollar futuros productos biotecnológicos que puedan ser utilizados con fines de reciclar nutrientes, promover el crecimiento o proteger a las plantas de quinua en su hábitat altamente vulnerable. El procedimiento para establecer cada uno de los servicios ambientales fue el siguiente:

**c.1. Fijadoras de nitrógeno:** Se trabajó en base al protocolo de Dion y Magallón (2009). Se sembraron las cepas bacterianas en medio de cultivo Burk. Se incubaron las placas de 5 días a 15 días a 28°C. El tiempo de incubación varió en función al género de bacteria con el cual se trabajó, por esta razón se realizó un seguimiento diario de la prueba.

**c.2. Solubilizadoras de fósforo:** Se sembraron las bacterias a evaluar, en una placa que contenía el medio de cultivo NBRIP con fosfato tricálcico. Se incubaron las placas de 5 días a 15 días a 28°C; el tiempo de incubación varió dependiendo del género de bacteria con el que se trabajó, por esta razón se realizó un seguimiento diario de la prueba (CIP, 2008). Se registraron como positivas, aquellas cepas bacterianas que presentaron un halo transparente alrededor de la colonia sembrada.

**c.3. Generadoras de Ácido Indol Acético (AIA):** El AIA es un metabolito secundario producido por algunas bacterias en su periodo estacionario de crecimiento, por esta razón, el tiempo de incubación del caldo dependió de la curva de crecimiento de la bacteria. Se tuvo que dejar el tiempo suficiente para asegurarse que lleguen a la fase estacionaria. Para este propósito se reactivaron las cepas en estudio en caldo de Tripti-

casa de Soya (TSB), sembrando las colonias de cada cepa en un tubo con medio TSB, suplementado con 5  $\mu$ M (micro mol) de L-Triptófano y se incubaron por 7 días a 28°C (Gordon y Weber, 1950). Se reportaron como positivas las muestras que en el revelado viraron a tonos rojizos. Una vez crecidas las colonias bacterianas se aislaron en tubos con TSA para posteriores pruebas y caracterización.

**D) Identificación molecular:** Se ha amplificado por PCR regiones del genoma de cada aislamiento microbiano que son conservadas e indicadoras su identidad usando partidores cuyas secuencias fueron obtenidas de la literatura (Lane, 1991; Krüger *et al.*, 2009). Estas regiones conservadas corresponden a genes que codifican el ARN ribosomal de la subunidad grande y pequeña de los ribosomas. Los partidores utilizados para bacterias fueron: 27A o 27C (partidor sentido) y 1488 o 1492 (partidor antisentido, Lane, 1991) y para hongos (micorrizas) fueron SSUmCf1-3 y LSUmBr1-5 (Krüger *et al.*, 2009). Los partidores fueron sintetizados en por AlphaDNA, Québec, Canada y se ha usado una DNA Polimerasa (Phusion, Finnzymes, Finlandia) que posee actividad correctora de errores con el fin de minimizar la introducción de mutaciones en los amplificados. Cada producto de PCR fue purificado con columnas GeneJet (Fermentas, USA) antes de enviarlos al Centro de Secuenciación de la Universidad de Chicago, Chicago, IL, USA donde se secuenciaron los fragmentos usando la técnica de Sanger (Sanger *et al.*, 1977). Las secuencias obtenidas fueron editadas con el programa BioEdit (Hall, 1999) y luego cotejadas con las bases de datos usando el programa BLAST (Altschul *et al.*, 1990).

## Resultados y discusión

### *Diversidad por zonas*

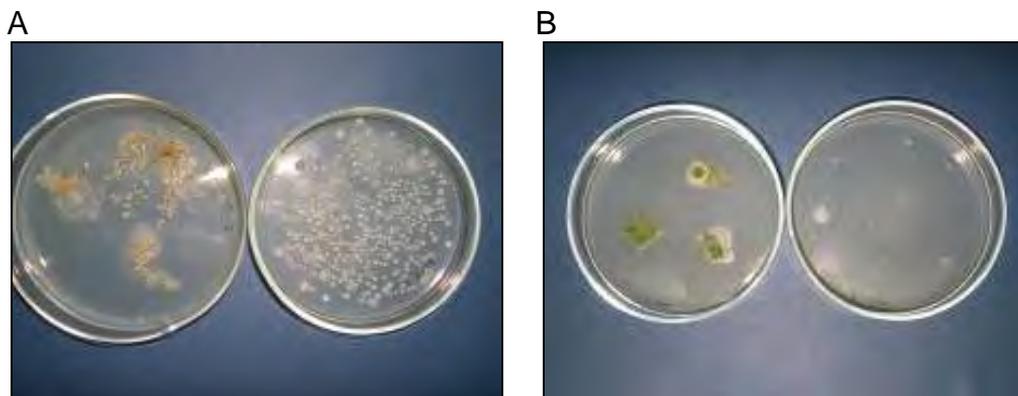
Los resultados mostraron que la variabilidad de las poblaciones microbiales resalta en la rizósfera y el rizoplano, donde más se concentran los microorganismos simbiotes o no simbiotes (Figura 2). También se determinó que existen microorganismos endófitos en las semillas o granos de quinua, siendo dominantes las cepas de las especies *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* y *B. amiloliquefaciens* y otras no identificadas. Resultando esta una de las formas más eficientes de la simbiosis planta-microorganismos, al tener conjuntamente el mismo sistema de diseminación, siendo un mecanismo natural que asegura que los granos de quinua, donde sean trasladados, serán acompañados por sus simbiotes (Figura 3).

### *Bacterias identificadas y su servicio ambiental*

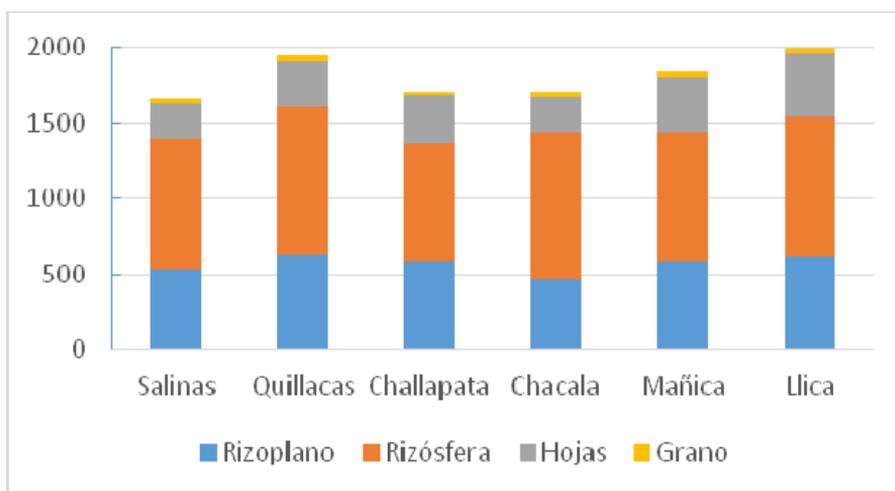
Algunas bacterias fijadoras de nitrógeno son de vida libre, es decir que no requieren una planta hospedante para llevar a cabo el proceso de fijación de nitrógeno. Se aislaron 260 cepas de bacterias endófitas de las muestras de quinua del Altiplano Sur, donde se detectó 31 aislados potenciales para la fijación de nitrógeno (Figura 4).

De 480 cepas de bacterias endófitas de plantas de quinua del Altiplano Sur, se detectaron 72 como solubilizadoras de fósforo (Figura 5).

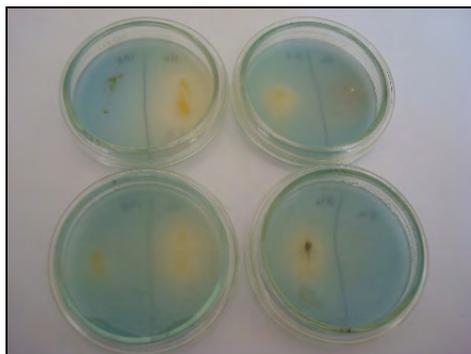
Se aislaron 28 cepas positivas respecto a su capacidad de generar la fitohormona AIA (Figura 6).



**Figura 2.** Colonias bacterianas endófitas aisladas de: A) raíces B) hojas



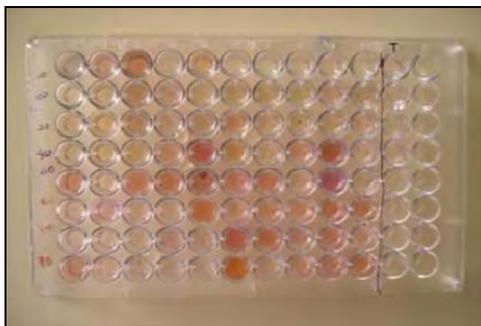
**Figura 3.** Aislamientos de poblaciones microbianas asociadas a las plantas de quinua provenientes de diferentes comunidades del Altiplano Sud



**Figura 4.** Reacción de cepas de quinua fijadoras de nitrógeno de vida libre en medio de cultivo



**Figura 5.** Evaluación de cepas solubilizadoras de fósforo (son positivas las que muestran el halo alrededor de la colonia)



**Figura 6.** Revelado del AIA (las bacterias que generan fitohormonas presentan un color rojo oscuro)

Se detectaron varias cepas de bacterias, con diferente grado de aptitud, por el servicio ambiental que brindan a las plantas de quinua, así, se detectó:

- ⇒ 235 cepas fijadoras de nitrógeno
- ⇒ 456 cepas que solubilizan fósforo
- ⇒ 789 cepas que generan AIA

Esto demuestra el potencial de la biodiversidad microbiana para desarrollar tecnología que ayude a mitigar los efectos de la erosión de suelos en estas zonas áridas de Bolivia.

#### **Identificación de bacterias y sus servicios ambientales**

De los aislamientos bacterianos identificados y seleccionados por su aptitud funcional y servicio ambiental se realizó su respectiva identificación a nivel molecular, por medio de secuenciación del gen que codifica al ARN ribosomal 16S y el programa BLAST, siendo las bacterias más frecuentes -de mayor potencial agroindustrial- las siguientes:

- *Bacillus amyloliquefaciens*; *B. tequilensis*; *B. vallismortis*; *B. subtilis*; *B. pumilus*; *B. licheniformis* y *B. firmus* (aislados de las hojas).

- *Bacillus aryabhatai*; *Bacillus horikoshii*; *B. megaterium*; *B. pumilus* y *Paenibacillus odorifer*; *Pseudomonas* sp.; *B. subtilis*; *Azotobacter* sp. (aislados de las raíces).
- *Bacillus subtilis*; *B. pumilus*; *B. amilequefaciens* (aislados de los granos de quinua).

Se observa que no existe una relación entre las especies de bacterias, el servicio ambiental y las zonas de recolección (Cuadro 1), aparentemente es al azar la posibilidad de encontrar predominancia de una cepa en una determinada zona del Altiplano Boliviano.

La bacteria aislada como *Azotobacter* sp., además de ser fijadora de nitrógeno libre, es capaz de solubilizar fósforo. Por otro lado, el género *Rhizobium* aislado de la rizósfera de plantas de quinua pertenece a un grupo de rizobias que no entran en simbiosis con las plantas o son de vida libre (Bécquer *et al.*, 2013), lo mismo sucede con aislados del género *Flavobacterium* que actúan en forma libre fijando nitrógeno al suelo.

Las bacterias endófitas tienen ventaja sobre las bacterias rizosféricas, por la gran variedad de nutrientes elaborados que disponen, así como de la protección que les brinda la planta de las condiciones adversas del medio (Reinhold-Hurek & Hurek, 1998). Las bacterias endófitas son muy importantes especialmente para las plantas que crecen en condiciones extremas, así se tiene a *B. subtilis* que, aparte de promover el crecimiento en las plantas, es un inductor de resistencia sistémica porque activa el ciclo del ácido jasmónico, que es responsable de inducir resistencia a la planta ante el ataque de patógenos.

**Cuadro 1.** Zonas de colecta, identificación molecular y servicios ambientales brindados por las bacterias asociadas al cultivo de quinua

Zona de recolección	Identidad	Servicio ambiental
Salinas de Garci Mendoza	<i>Bacillus pumilus</i> , <i>Bacillus liquefasciens</i>	Solubilizador de fósforo
Chacala, Llica y Salinas de Garci Mendoza	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus vallismortis</i> , <i>Bacillus liquefasciens</i>	Acido Indol Acético (AIA)
Chacala, Challapata, Llica	<i>Bacillus sp.</i> , <i>Bacillus aryabhatai</i> , <i>Bacillus horikoshii</i>	Acido Indol Acético (AIA)
Llica, Chacala, Quillacas	<i>Bacillus firmus</i> , <i>Bacillus tequilensis</i>	Solubilizador de fósforo
Llica, Quillacas	<i>Bacillus pumilus</i>	Solubilizador de fósforo
Quillacas, Mañica, Chacala	<i>Bacillus subtilis</i>	Acido Indol Acético (AIA)
Salinas de Garci Mendoza	<i>Paenibacillus sp.</i>	Fijador de nitrógeno
Chacala y Mañica	<i>Bacillus simplex</i>	Acido Indol Acético (AIA)
Quillacas, Chacala	<i>Bacillus licheniformis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus liquefasciens</i>	Solubilizador de fósforo y AIA
Challapata	<i>Azotobacter sp.</i> <i>Pseudomonas sp.</i>	Fijador de nitrógeno y solubilizador de fósforo
Challapata y Quillacas	<i>Rhizobium sp.</i> , <i>Flavobacterium sp.</i>	Fijadoras de nitrógeno

Asimismo el género *Azotobacter*, que fija nitrógeno para plantas no leguminosas, como la quinua, es una opción para iniciar programas de investigación para mejorar la producción del cultivo de quinua orgánica en el Altiplano Boliviano.

### Otros géneros

*Bacillus thuringiensis* fue obtenido a partir de 13 muestras, ocho muestras de suelo, cuatro de la rizósfera y un endófito de plantas de quinua (Cuadro 2). Para conocer el espectro de actividad insecticida que estos poseen a nivel de las

toxinas Cry ( $\delta$ -endotoxinas cristalinas), fueron analizados 10 genes Cry por PCR. Los resultados indican que la mayoría de los aislamientos de *B. thuringiensis*, obtenidos en relación a la quinua, presentan los genes Cry 1 y Cry 2, estos genes Cry 1 son activos contra las larvas de insectos lepidópteros (polillas y mariposas) y las toxinas Cry 2, afectan principalmente dípteros (moscas), pero también lepidópteros. Se debe continuar la caracterización para precisar los subgrupos a los que pertenecen estas toxinas y confirmar su actividad tóxica realizando bioensayos en larvas de insectos.

**Cuadro 2.** Otros géneros de bacterias detectados en diferentes zonas de colecta, identificados molecularmente y servicios ambientales brindados

Zona de recolección	Identidad	Servicio ambiental
Llica, Chacala, Challapata	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Entomopatógeno de lepidópteros y otros
Llica, Mañica, Qillacas, Challapata	<i>Bacillus cereus</i>	Entomopatógeno de coleópteros

Se debe poner particular énfasis al aislamiento de *Bacillus thuringiensis* encontrado como endófito. También se aisló de muestras de suelo la especie *Bacillus cereus*, un entomopatógeno de coleopteros, el que reviste importancia para desarrollar bioinsecticidas en el manejo de este grupo de insectos plaga.

## Conclusiones

- Los resultados muestran que existe un número importante de bacterias asociadas a plantas de quinua, varias de las cuales son especies benéficas que brindan servicios ambientales, demostrando el potencial de su uso con fines biotecnológicos industriales en beneficio de la producción de quinua orgánica y sostenible.
- Se detectaron 31 bacterias fijadoras de nitrógeno, 72 como solubilizadoras de fósforo y 28 cepas generadoras de AIA, el hecho que se repitan algunas especies no significa que sean necesariamente la misma cepa. Existen aislados de los géneros *Azotobacter*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *Flavobacter* que son de vida libre y fijadores de nitrógeno, lo que aún requieren ser estudiados.
- En los granos de quinua se detectaron endófitos de las especies *Bacillus subtilis*, *B. pumilus* y *B. amiloliquefasciens* existiendo otros sin identificar.

- La detección de entomopatógenos como *Bacillus thuringiensis* para control de lepidópteros, es un recurso que se debe evaluar por representar un potencial para desarrollar bioinsecticidas para el manejo ecológico de plagas.
- *Bacillus cereus*, como entomopatógeno, representa a cepas que puedan ser utilizadas para el manejo de coleópteros y no solo para el cultivo de quinua sino de otros cultivos de la zona del altiplano.

## Referencias citadas

- Altschul, S., Gish, W., Miller, W., Myers, E., Lipman, D. 1990. Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.* 215:403-410.
- Bécquer, C., Lazarovits, G., Lalin, I. 2013. Interacción *in vitro* entre *Trichoderma harzianum* y bacterias rizosféricas estimuladoras del crecimiento vegetal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Tomo 47, Número 1
- CIP. 2008. Protocolos de trabajo con bacterias PGPR. Lima Perú. pp. 47-50.
- Dion, P., Magallón, P. 2009. Manual de microbiología agrícola "Importancia de los microorganismos promotores de crecimiento vegetal para los pequeños productores de Boli-

via. Université Laval. Québec, Canada. 90:31-32.

Gordon, S., Weber, R. 1950. Colorimetric estimation of indole acetic acid. *Plant Physiol.* 26:192-195.

Hall, T. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp. Ser.* 41:95-98.

Harrison, M. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Ann. Rev. Microbiol.* 59:19-42.

Kubicek, C., Harman, G. 2002. *Trichoderma & Gliocladium*. *Basic Biology, Taxonomy and Genetics.* 1:1-271.

Krüger, M., Stockinger, H., Krüger C., Schüßler, A. 2009. DNA-based species-level detection of arbuscular mycorrhizal fungi: One PCR primer set for all AMF. *New Phytologist.* 183:212-223

Lane, D. 1991. 16S/23S sequencing. In: *Nucleic Acid Techniques in Bacterial Systematics* (ed. Stackebrandt, E. & Goodfellow, M.), Chichester: John Wiley & Sons. pp. 115-175.

Muñoz-Rojas, J., Caballero-Mellado, J. 2003. Population Dynamics Of *Gluconacetobacter diazotrophicus* In: *Sugarcane Cultivars and Its Effect on Plant Growth*. *Microbial Ecol.* 46(4):454-464.

Reinhold-Hurek, B., Hurek, T. 1998. *Trends Microbiol. Apr;* 6(4):139-44. Review. Erratum in: 6(5):202

Sanger, F, Nicklen, S, Coulson, A. 1977. DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 74:5463-5467.

Sturz, A., Christie, B., Nowak, J. 2000. *Bacterial Endophytes: Potential Role in Developing Sustainable Systems of Crop Production Critical Reviews in Plant Sciences Prince Edward Island. Canada.* 19(1):1-30.

Trabajo recibido el 23 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 2 de julio de 2014

## Plagas y enfermedades en el cultivo de Quinua

### Editores:

Raúl Saravia, Giovanna Plata, Antonio Gandarillas

### Año de publicación: 2014

La quinua en los últimos años ha tomado un interés global, se la cultiva en más de 50 países en todos los continentes y en diferentes pisos y zonas agroecológicas. Sin embargo, la mayor producción es en la zona Andina de Bolivia y Perú donde ha sido domesticada, cubriendo actualmente cerca del 80% de la demanda internacional. Es en esta zona donde se ha generado la mayor información sobre el manejo del cultivo, su diversidad genética y sus problemas. Por ello, el presente documento hace referencia principalmente a las plagas y enfermedades, sus ciclos, comportamientos y los efectos causados en la productividad.



### Mayores informes: Fundación PROINPA

Oficina Central Cochabamba

Av. Meneces s/n, Km. 4 (zona El Paso)

Tel.: (591-4) 4319595 • Fax: (591-4) 4319600

E-mail: proinpa@proinpa.org

# Síntesis y desarrollo de feromonas sexuales para dos noctuides, plagas clave del cultivo de la quinua

Raúl Saravia; Luis Crespo; Reinaldo Quispe; Milton Villca

Trabajo financiado por: Fundación AUTAPO, Fundación McKnight, Embajada de Holanda; Fundación PROINPA

E mail: r.saravia@proinpa.org

**Resumen.** El trabajo describe el proceso de síntesis y desarrollo de feromonas sexuales para dos especies de noctuides (*Helicoverpa quinoa* y *Copitarsia incommoda*), consideradas plagas clave del cultivo de la quinua, en un trabajo conjunto entre investigadores de la Fundación PROINPA y la Empresa Pherobank de Holanda. En este marco, PROINPA fue responsable de la cría masiva de las especies en condiciones de laboratorio, la provisión permanente de pupas, las evaluaciones de las protoferomas en campo y el desarrollo de trampas para su uso. Pherobank estuvo a cargo de la identificación de los compuestos, la síntesis de las protoferomonas y la síntesis de las feromonas. Producto de este trabajo coordinado se logró sintetizar feromonas sexuales específicas para *H. quinoa*, plaga importante en el Altiplano Sur y *C. incommoda*, plaga clave en el Altiplano Central y Altiplano Norte.

**Palabras clave:** *Helicoverpa quinoa*; *Copitarsia incommoda*, Manejo Integrado de Plagas

**Summary. Synthesis and development of sex pheromones for two noctuids, key pests of quinoa crop.** The work describes the synthesis and development process of sex pheromones for two species of noctuids (*Helicoverpa quinoa* and *Copitarsia incommoda*), considered the key pests of quinoa crop. It is a joint work between the PROINPA Foundation researchers and the Pherobank Enterprise in The Netherlands. PROINPA was responsible for the mass breeding of species in laboratory conditions, the permanent provision of pupae, evaluations of protopheromones in field and the development of traps for its use. Pherobank was responsible for the identification of compounds, the protopheromones and pheromones synthesis. Thanks to this coordinated work, it was possible to achieve to synthesize specific sex pheromones for *H. quinoa*, an important pest in the Southern Highlands and *C. incommode*, a key pest in the Northern and Central Altiplano.

**Keywords:** *Helicoverpa quinoa*; *Copitarsia incommoda*, Integrated Pests Management

## Introducción

*Helicoverpa quinoa*<sup>1</sup> y *Copitarsia incommoda* son plagas clave del cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano, donde se producen los mayores volú-

menes de este grano andino, destinado al mercado interno y la exportación. Las larvas de estas especies junto a otras que componen el complejo noctuido (*Helicoverpa titicacae* y *Dargida acanthus*) causan pérdidas considerables, llegando al 30% del rendimiento por año, que se estima en 60 millones de USD para el año 2014. El tipo de

<sup>1</sup> Especie denominada anteriormente como *Helicoverpa gelotopoeon*.

daño causado por estas larvas depende principalmente de la especie, del estado fenológico de la planta y del estadio de la larva. Las larvas recién eclosionadas se alimentan de la inflorescencia en formación de la planta de quinua, y cuando las larvas son más grandes se comportan como defoliadores.

Durante las fases fenológicas de floración y madurez fisiológica, producen importantes daños al consumir los granos en formación o al taladrar el raquis de las panojas, ocasionando su caída.

Los mayores daños de estas especies de noctuides son ocasionados en la fase de grano lechoso o grano masoso, que es cuando actúan como consumidores de grano. Los agricultores los combaten mediante el uso de trampas luz y la aplicación de eco-insecticidas o insecticidas químicos, dependiendo del destino de la producción.

Para ofrecer mayores alternativas de control y que éstas sean de fácil aplicación, PROINPA planteó hace cinco años la síntesis y desarrollo de feromonas sexuales, las cuales son señales químicas emitidas por las hembras, para atraer machos de la misma especie. Las feromonas sintetizadas artificialmente, van instaladas en trampas, las que atrapan a los insectos macho, de tal forma que evitan una siguiente generación, reduciendo así la población de la plaga. En la actualidad se utiliza, con buenos resultados, feromonas sexuales de diferentes especies, como un componente del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

El objetivo del trabajo fue sintetizar y desarrollar feromonas sexuales para *H. quinoa* y *C. incommoda*, plagas clave del cultivo de la quinua en el Altiplano Boliviano.

**Ciclo biológico de *H. quinoa*.** Según estudios realizados en el Centro Quipaquipani (Viacha, La Paz), el ciclo biológico de *H. quinoa* es particular. De un total de 400 larvas sometidas a observación, un 50% registró una duración de  $223 \pm 36$  días de huevo a adulto (incluida la longevidad del adulto), un 25% permaneció en estado de pupa hasta el próximo periodo agrícola, y un 15% murió antes de llegar a adulto, esto en condiciones de 25°C de temperatura y 65% de humedad relativa.

**Ciclo biológico de *C. incommoda*.** Según Choquehuanca (2011) el ciclo de vida de *C. incommoda* criado en laboratorio a 25°C de temperatura y 65% de humedad relativa, tiene una duración de 99.91 días incluyendo la longevidad del adulto. El periodo de incubación es de 5.5 días, la duración del estado de larva es de 29.04 días, el estado de prepupa dura 3.03 días y el de pupa 16.3 días; el adulto vive un promedio de 19.85 días.

**Daños y pérdidas causadas por larvas del complejo noctuido.** Los daños causados por las larvas del complejo noctuido son múltiples; las larvas jóvenes minan la inflorescencia en formación, en estados más avanzados defolian las plantas, taladran el tallo a la altura de la base causando la caída de la panoja y consumen los granos. Las pérdidas estimadas por el ataque de larvas del complejo noctuido y la polilla de la quinua, oscilan en 30% del rendimiento (Saravia y Quispe, 2005).

**Distribución geográfica de *H. quinoa* y *C. incommoda*.** Estudios sobre la distribución de estas especies en las regiones de producción de quinua, han mostrado que *H. quinoa* es la especie dominante en el Altiplano Sur de Bolivia, y *C. incommoda* es la especie do-

minante en el Altiplano Central y Norte. En estas regiones se encuentran también las especies *H. titicacae* y *Dargida acanthus*, pero en menores densidades poblacionales.

**Las feromonas.** Son secreciones que causan reacciones específicas en individuos de la misma especie que las perciben (Ramírez, 1996). Pedigo (1996) indica que las feromonas sexuales son señales químicas emitidas por las hembras para atraer machos de la misma especie. Las feromonas de diferentes especies, en la actualidad, pueden ser sintetizadas y utilizadas en el Manejo Integrado de Plagas (MIP).

**Tipos de feromonas.** Existen varios tipos de feromonas, entre las que se mencionan las feromonas sexuales, las de agregación, las de rastreo y las de alarma (Owen, 2013).

Las *feromonas sexuales* son aquellas emitidas por un sexo para atraer al sexo opuesto de la misma especie. Las de *agregación* son emitidas por un sexo y atraen a individuos de ambos sexos de la misma especie. Las de *rastreo* sirven para indicar la localización de una fuente alimenticia y son muy utilizadas por las hormigas. Las de *alarma* son las que señalan la presencia de un individuo herido, dando un mensaje de dispersión a los congéneres. De los diferentes tipos de feromonas, las feromonas sexuales son las más utilizadas en el MIP, porque obliga a un comportamiento definido del insecto que lo percibe.

**Ventajas y desventajas de las feromonas.** Como toda herramienta utilizada en el MIP, las feromonas tienen ventajas y desventajas. Las principales ventajas que se les atribuyen son las siguientes: son específicas y aseguran la

sobrevivencia de los enemigos naturales; no son tóxicas y no dejan residuos químicos en los cultivos, es decir se trata de una tecnología ecológicamente limpia. Son biodegradables y no dañan el medio ambiente. Son fáciles de instalar y manejar. Por todas las ventajas antes mencionadas, las feromonas son aceptadas en la producción orgánica. Entre las desventajas identificadas, destacan las siguientes: solo atraen a los machos, pueden ser afectadas por factores climáticos (vientos) y no proveen información sobre el daño directo al cultivo (Cisneros, 1997).

**Las trampas con feromonas.** Las feromonas deben ser usadas con trampas. Son diversos los tipos de trampas ofertadas por las empresas que producen feromonas, con el fin de incrementar la eficiencia de las mismas, que están diseñadas tomando en cuenta el comportamiento de vuelo de las diferentes especies de plagas. Para la captura de *H. quinoa* se probaron el tipo bidón, el tipo bañador, el cono y diversas variantes del tipo embudo, que pueden funcionar con agua o en seco. De éstas, la más difundida en las zonas productoras de quinua del altiplano, son las del tipo embudo seco por sus diversas características favorables.

## Materiales y métodos

**Cría de noctuidos con fines de síntesis de feromonas.** La síntesis de la feromona sexual de *H. quinoa* y *C. incommoda*, fue iniciada el año 2007 con la cría masiva de estas especies y envío de pupas en varias oportunidades a la Empresa Pherobank de Holanda. La cría de noctuidos se efectuó mediante un protocolo desarrollado en el Laboratorio de Entomología de PROINPA, desde

marzo a diciembre de 2007, siguiendo los pasos detallados a continuación:

Colecta de larvas. Se recolectaron larvas de noctuidos en parcelas de quinua, en diferentes épocas y localidades del Altiplano Sur y Central.

Adaptación de las larvas a condiciones de laboratorio. Se separó a las larvas individualmente, en envases de plástico medianos, a fin de evitar el canibalismo. Estas larvas fueron alimentadas con hojas de quinua hasta que lograron empupar (Figura 1), una vez que alcanzaron la fase de pupa fueron desinfectadas y separadas en grupos de diez y colocadas en envases de plástico más grandes, hasta lograr la eclosión de los adultos.



**Figura 1.** Larvas alimentadas con hojas de quinua

Reproducción. Los adultos eclosionados fueron instalados en grupos de 10 a 16 individuos, en frascos de plástico de 3800 cc de volumen, recomendados por Quispe (2000). Estos frascos fueron utilizados como cámaras de reproducción y obtención de huevos (Figura 2). Para facilitar la postura de huevos, se colgaron bandas de papel secante en las paredes laterales de los frascos. Verificada la postura, se procedió a la recolección, cortando las porciones de papel secante que contenían los huevos que fueron colocados en envases medianos, para su maduración, eclosión y obtención de una nueva generación de larvas.



**Figura 2.** Cámara de reproducción

Cría de la nueva generación. La nueva generación de larvas se crió con dieta artificial, desarrollada y ajustada en el Laboratorio de Entomología de PROINPA, colocando 30 larvas recién nacidas por envase con dieta (Figura 3).



**Figura 3.** Cría con dieta artificial

Después de 10 días fueron individualizadas en envases con dieta, donde concluyeron la fase larvaria y alcanzaron la

fase de pupa. Posteriormente se procedió a la cosecha de pupas (Figura 4) que fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 10% y separadas en grupos de diez individuos y colocadas en frascos de plástico medianos, hasta la emergencia de adultos.



**Figura 4.** Cosecha de pupas

**Síntesis de feromonas.** Para la síntesis de las feromonas se envió pupas de las especies *H. quinoa* y *C. incommoda* a Pherobank en Holanda, donde se procedió a la identificación de los componentes de las feromonas de estas especies, utilizando el método combinado de *Cromatografía de Gas* (CG) ligado a *Espectrometría de Masas* (EM) y *Electroantografía* (EAG).

Una vez desarrolladas las protoferomonas por Pherobank, fueron enviadas de regreso a Bolivia, para pruebas de campo y ajustes en la formulación de la feromona.

Estas evaluaciones fueron realizadas en la comunidad de Chacala, del municipio de Uyuni y en el Centro Quipaquipani, ubicado en el departamento de La Paz.

## Resultados y discusión

### *Envíos de pupas para identificación y síntesis de feromonas específicas*

Se realizaron varios envíos de pupas a Pherobank, las pupas provinieron de la cría masiva de estas especies en el Laboratorio de Entomología de la Fundación PROINPA. Las muestras estaban contenidas en frascos de plástico, en lotes de 20 o 40 pupas debidamente sexadas (Figura 5).

### *Síntesis de las feromonas*

Como resultado de los trabajos de laboratorio, realizados por Pherobank en Holanda, a fines de abril del año 2008, Pherobank formuló 17 protoferomonas para el complejo noctuideo (Figura 6).



**Figura 5.** Envío de pupas en frascos de plástico



**Figura 6.** Protoferomonas enviadas por Pherobank para evaluaciones de campo

En base a la información generada en las pruebas de campo, ejecutadas por personal técnico de PROINPA en el Altiplano Boliviano, hasta junio del año 2009, se sintetizó una feromona para la especie *H. quinoa* y en junio del año 2013 se sintetizó otra feromona para *C. incommoda*.

## Conclusiones

- Se cuenta con protocolos para la cría masiva de *H. quinoa* y *C. incommoda*.
- Se dispone de feromonas sexuales para *H. quinoa* plaga clave del cultivo de la quinua en el Altiplano Sur, *C. incommoda* plaga clave del cultivo de la quinua en el Altiplano Centro y Norte y *Agrotis peruviana*, considerada una plaga potencial del cultivo de la quinua en Bolivia.

## Referencias citadas

Cisneros, A. 1997. Lactonas en síntesis de feromonas. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo

León, Facultad de Ciencias Químicas. 106 p.

Choquehuanca M. 2011. Ciclo biológico de *Copitarsia incommoda* Walker plaga del cultivo de la quinua en condiciones de laboratorio. Tesis Ing. Agr. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Owen, J. 2013. Feromonas: Una herramienta básica en IPM. **En:** III Jornadas internacionales sobre feromonas, atrayentes, trampas y control biológico. Murcia, España.

Pedigo, L. 1996. Entomology and Pest Management. Second Edition. 1996. Prentice-Hall Pub., Englewood Cliffs, NJ. 679 p.

Ramírez P. 1996. Las feromonas de insectos y su aplicación en la agricultura. PALMAS, Volumen 17, Nro. 3.

Saravia R., Quispe, R. 2005. Manejo integrado de las plagas insectiles del cultivo de la quinua. **En:** Módulo 2: Manejo Agronómico de la quinua orgánica. Fundación PROINPA. pp. 53-86.

*Trabajo recibido el 11 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 18 de junio de 2014*

# Difusión masiva de la estrategia del Manejo Integrado de Plagas (MIP) en quinua

Vladimir Lino; José Olivera; Raúl Saravia;  
Reinaldo Quispe; Edson Gandarillas; Luis Crespo

*Trabajo financiado por: B2B Dinamarca; Fundación PROINPA; BIOTOP*

*E mail: v.lino@proinpa.org*

**Resumen.** La quinua es uno de los cultivos más importantes en Bolivia, 131.190 hectáreas son cultivadas por 45.000 familias que producen 61.659 toneladas de grano para su comercialización. Uno de los factores limitantes en la producción de la quinua es la incidencia de insectos plaga como las *ticonas: Helicoverpa, Copitarsia y Agrotis* y la polilla de la quinua (*Eurysacca*) que ocasionan 30% de daño. Las pérdidas económicas, a consecuencia de estas plagas, son significativas, tomando en cuenta el valor de la quinua al año 2013, estas alcanzan a 147.520.893 USD. La Fundación PROINPA desarrolló una estrategia de manejo eficiente en el control de plagas de la quinua, con énfasis en el uso de feromonas e insecticidas naturales, comercializados en el Altiplano Boliviano, en alianza con BIOTOP SRL, ANAPQUI, CADEQUIR y empresas asociadas a CABOLQUI, logrando cubrir un total de 20.000 hectáreas y reducir las pérdidas en 14.618.275 USD, en beneficio de las familias de productores y del país.

**Palabras clave:** Fitopatología; Feromonas; Insecticidas Naturales

**Summary. Mass diffusion of the Integrated Pest Management (IPM) strategy in quinoa.** Quinoa is one of the most important crops in Bolivia, 131,190 hectares are cultivated by 45,000 families producing 61,659 tons of grain for marketing. One of the limiting factors in quinoa production is the incidence of insect pests such as the *ticonas: Helicoverpa, Copitarsia and Agrotis* and the quinoa moth (*Eurysacca*) causing 30% of damage. As a result of these pests, economic losses are significant, taking into account the value of quinoa by 2013, amounted to US\$147,520,893. The PROINPA Foundation developed an efficient management strategy in controlling quinoa pests, with emphasis on the use of pheromones and natural insecticides, commercialized in the Bolivian Altiplano, in partnership with BIOTOP SRL, ANAPQUI, CADEQUIR and enterprises associated to CABOLQUI, achieving in this way to cover a total of 20,000 hectares and reduce losses at US\$14,618,275, for the benefit of farming families and the country.

**Keywords:** Phytopathology; Pheromones; Natural Insecticides

## Descripción del problema y las acciones del Proyecto

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los cultivos más importantes en Bolivia, la superficie cultivada se extiende hasta 131.190 hectá-

reas y la producción alcanza 61.659 toneladas en el año 2013. Las familias involucradas en su cultivo son alrededor de 45.000, procedentes del Altiplano Norte, Sur y Central (Fundación PROINPA y Fundación AUTAPO, 2005).

Uno de los factores que influye negativamente en la productividad del cultivo, es la incidencia de una variedad de insectos plaga, como el llamado *complejo ticona* integrado por varias especies de mariposas nocturnas, *Copitarsia incommoda*, *Helicoverpa quinoa*, *Agrotis andina*, y la polilla de la quinua *Eury-sacca quinoae* (PROINPA, 2010). Estas plagas, en su estado larval, ocasionan daños al cultivo afectando la calidad del grano y causando pérdidas de 30% de la producción, que para el año 2013 corresponden a 147.520.893.- USD anuales (en base al precio de 1.800 Bs/qq, vigente en el mercado de Challapata en junio de 2014).

Para el control de estas plagas en la producción orgánica, se debe utilizar productos registrados y aceptados en la normativa orgánica. Sin embargo, es limitada la oferta de estos productos para poder usarlos a una escala extensiva. Por ello, la Fundación PROINPA ha desarrollado una estrategia de manejo eficiente del control de plagas, en base a bioinsumos registrados y aprobados para la producción orgánica. Con el propósito de masificar y difundir la estrategia, PROINPA ha establecido una alianza con BIOTOP SRL, quien coordinó actividades de difusión con productores independientes, asociaciones de quinua orgánica y empresas.

## Metodología

La estrategia propuesta por PROINPA, para el manejo integrado de plagas (MIP) en la producción orgánica, ha sido implementada con bastante éxito en más de 20.000 hectáreas en el año 2013. Esta estrategia se basa en el monitoreo de adultos y larvas, tratamientos preventivos, alternancia de productos

(principios activos y modos de acción), aplicaciones oportunas y utilización de coadyuvante. Los componentes del manejo integrado son los siguientes:

⇒ *Instalación de trampas con feromonas (para noctuideos)*: La instalación de cuatro trampas por hectárea, al interior de la parcela (con una distancia de al menos 25 m entre sí), permitirá identificar el inicio de la presencia de los adultos y el inicio del periodo de oviposición. En zonas donde la población de noctuideos es todavía baja, el uso de las cuatro trampas/ha, permite mantener las poblaciones de larvas en niveles que no causen daños significativos ( $\leq 5\%$  de daño).

⇒ *Inspección de campo*: Se debe realizar visitas periódicas de inspección, en al menos cuatro etapas del desarrollo del cultivo: seis hojas verdaderas, inicio de panojamiento, formación de grano y grano lechoso. En cada inspección se debe muestrear al menos 10 plantas al azar por hectárea. Si se observa la presencia de huevos y/o larvas de primeros estadios en 20% de plantas evaluadas, se recomienda realizar aplicaciones preventivas; en caso de observarse larvas de estadios más avanzados o en mayor incidencia, se recomienda la aplicación de tratamientos de control.

⇒ *Aplicación de tratamientos preventivos*: Se recomienda la aplicación de sulfocálcico más extracto de locoto, cuyo modo de acción de contacto, afecta el sistema nervioso central del insecto, permitiendo un buen control de huevos y larvas de primeros estadios. Además, este producto tiene un efecto repelente hacia a los adultos, protegiendo al cultivo, por al menos 15 días, de nuevas fases de postura de la plaga.

⇒ *Aplicación de tratamientos de control*: Se recomienda un tratamiento de control al inicio de formación de panoja; en este período fenológico es muy importante la protección contra estas plagas o cuando en monitoreo detecte poblaciones que justifiquen la aplicación. El daño causa proliferación de ramas laterales dando lugar a dificultades de manejo y menor rendimiento. Cuando se observa presencia de al menos una larva por planta, se recomienda la aplicación de Spinosad®.

Otro momento de cuidado, es el que corresponde al estado fenológico de grano lechoso, que es el momento en el cual las larvas comienzan a alimentarse de los granos en formación, y pueden ocasionar daños económicos considerables. En este momento es importante realizar la inspección de campo; en caso de *ticonas*, si se observa cinco larvas por panoja en diez plantas, y en el caso de polillas si se observa cinco larvas por panoja, se recomienda la aplicación del Spinosad® que es un insecticida natural de alta eficiencia (> 93%), aceptado en la producción orgánica, cuyo modo de acción es de contacto e ingestión, permitiendo un eficiente control de larvas y un mínimo efecto en la entomofauna benéfica presente.

⇒ *Alternancia de tratamientos*: Por principios del MIP y con la finalidad de evitar la aparición de poblaciones resistentes, es recomendable practicar la alternancia de tratamientos, es decir alternar la aplicación de insecticidas naturales tomando en cuenta principios activos y modos de acción diferentes, evitando la aplicación de más de dos veces continuas de un mismo producto por ciclo de cultivo. Por ejemplo, se puede alternar el sulfocálcico y extracto de locoto con el Spinosad®.

⇒ *Uso de coadyuvantes*: Por la presencia de la gran cantidad de oxalatos en las superficies de hojas, tallos y panojas de la quinua, la adherencia de los bioinsumos es dificultosa, por ello, es muy importante la aplicación de un adherente como el Aceite Agrícola Vegetal, que actúa como agente dispersante, mejora la cobertura de aplicación y evita la formación de gotas grandes. La aplicación del Aceite Agrícola asegura la eficiencia del producto.

## Logros

En la Campaña Agrícola 2013-2014 la alianza PROINPA y BIOTOP SRL, ha trabajado en convenio con varias asociaciones de productores y empresas:

CADEQUIR, ANAPQUI, CADEPQUIOR, SINDAN, Jacha Inti, APQUI-SA, APQO Villa Florida, APQO-Toledo, APQO-Keluyo, FDTA Valles, IDEPRO, APROACH, APROCAL, Andean Valley, APROQUIROT, APROCOVES, APROACAY, APRACHacala, APROQUIOS, APRACCUK, en las cuales se han fortalecido los conocimientos, actitudes y prácticas de aproximadamente 2.800 asociados (hombres y mujeres), llegando a ellos a través de capacitaciones por medio de los técnicos y promotores, a quienes a su vez difundieron el *Manejo Integrado de Plagas* en la producción de quinua orgánica, llegando a cubrir aproximadamente 20.000 hectáreas con esta tecnología.

La aplicación de la estrategia permitió reducir las pérdidas de 30% a 10% en las 20.000 hectáreas que utilizaron el *Manejo Integrado de Plagas*. Esto significa, en términos económicos, con valores de 1.800 Bs/qq (precio de mer-

cado en junio de 2014), la suma de 14.618.275 USD que los productores han dejado de perder, y que representan un beneficio para el país a través de la mejora del rendimiento, la productividad del cultivo, la calidad del producto y el cuidado del medio ambiente.

Por otro lado, en las zonas productoras de quinua del Altiplano Boliviano, se ha comercializado un total de 70.926 unidades de feromonas para *ticonas* de la quinua, logrando cubrir una superficie mayor a las 20.000 ha, representando el 30% de la superficie cultivada con quinua orgánica. En el caso del sulfocálcico más extracto de locoto, en las últimas tres campañas, se ha comercializado un total de 20.684 litros, cubriendo aproximadamente 8300 hectáreas. En el caso del Spinosad®, en las últimas tres campañas, se ha comercializado un total de 117.400 gramos, cubriendo aproximadamente 4000 hectáreas.

En la Figura 1 se observa la tendencia positiva del uso de productos en los últimos tres años, destacando el sulfocálcico y en mayor grado el Spinosad.

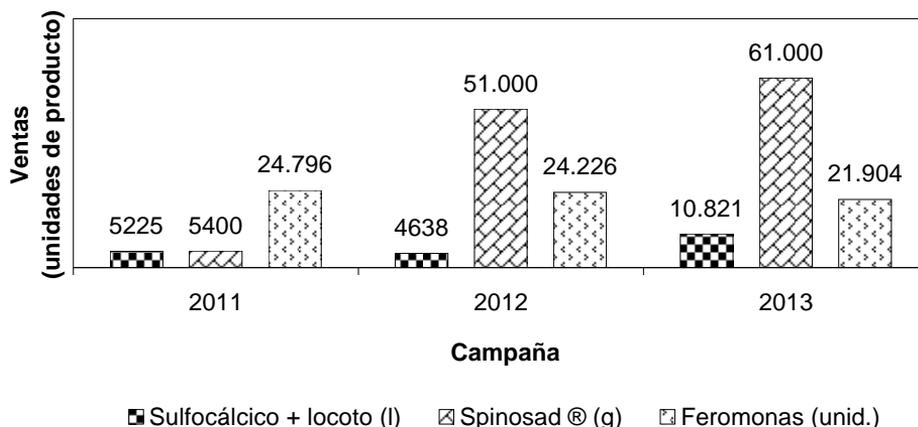
## Conclusiones y recomendaciones

- Como resultado de las actividades de promoción y capacitación a técnicos, promotores y agricultores, la estrategia de manejo de plagas de la quinua, desarrollada por PROINPA y difundida por BIOTOP SRL, ha sido aceptada por los productores de quinua orgánica, y en varios casos ha sido ajustada con la implementación de prácticas e insumos locales. Esta situación se evidencia con los

datos de ventas registradas por BIOTOP SRL.

- Esta iniciativa de PROINPA y BIOTOP SRL, ha sido bien acogida, especialmente por las asociaciones de productores y empresas dedicadas a la producción de quinua orgánica, lo que se ha traducido en convenios, mayores volúmenes de ventas de bioinsumos, apoyados con capacitaciones para su buen uso, reflejándose en mejores ingresos para los productores.
- La implementación de la estrategia del *Manejo Integrado de Plagas* insectiles, para la producción orgánica de quinua en 20.000 hectáreas, permitió a los productores reducir las pérdidas en 14.618.275.- USD.
- Queda pendiente la tarea de difundir a mayor escala esta estrategia de manejo integrado, de tal manera que la mayoría de los productores tengan el acceso a la misma y a los bioinsumos para aplicarlos en el cultivo de quinua orgánica. Por ejemplo, muchos agricultores siguen utilizando mochilas de espalda, con la consecuente ineficiencia de la aplicación del producto y del control.

Asimismo, se debe considerar la ejecución de campañas comunales de control, ya que si un agricultor controla y el otro no, se pierde eficiencia y continúan las pérdidas. Esto dependerá de la labor coordinada de productores, asociaciones, empresas, instituciones del estado (municipios, gobernaciones, etc.), certificadores orgánicos y otros actores.



**Figura 1.** Unidades de sulfocálcico más extracto de locoto, Spinosad® y feromonas comercializadas por BIOTOP SRL utilizados en la campaña 2011 al 2013 en el cultivo de quinua

- El desarrollo de una estrategia de *Manejo Integrado*, que responda a la demanda de la producción orgánica, es un trabajo continuo de investigación que debe estar dirigida a la búsqueda de nuevos bioinsumos (extractos de plantas, etc.) aceptados en la producción orgánica, que sean eficientes y de fácil acceso en el mercado local.

## Referencias sugeridas

- Aroni, G., Saravia R. 2008. Evaluación de la eficiencia de ecoplaguicidas en el control de Noctuides (*ticonas* y *kconas kconas*) en *Chenopodium quinoa* Willd. **En:** Informe del Proyecto Desarrollo de Ecoplaguicidas para el Control de Plagas Insectiles del Cultivo de la Quinua. Fundación PROINPA.
- Arragan, T. 2010. Nivel de daño económico de la polilla de la quinua (*Eurysacca quinoae*) en la localidad de Jalsuri – Altiplano Central. Tesis de grado, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- FAO. 1994. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.
- Fundación PROINPA, Fundación AUITAPO. 2005. Módulo 2: Manejo Agronómico de la Quinua Orgánica. La Paz, Bolivia. 105 p.
- Saravia, R. Bonifacio, A., Aduviri, J. 2010. La identificación de enemigos de la quinua, una tarea esencial en el MIP. **En:** Compendio de Actividades, Fundación PROINPA 2010. pp. 27-29.

Trabajo recibido el 14 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 1 de julio de 2014

## Los arbustos nativos y las perspectivas de su contribución a la sostenibilidad de la producción de quinua

Alejandro Bonifacio; Genaro Aroni;  
Milton Villca; Miriam Alcon; Patricia Ramos; Liz Chambi

*Trabajo financiado por: DANIDA; Fundación McKnight; Fundación PROINPA*

*E mail: a.bonifacio@proinpa.org*

**Resumen.** Las cifras de producción de quinua que presenta el Ministerio de Agricultura en Bolivia, en los últimos 10 años, indican que los rendimientos promedio en el país no superan los 600 kg/ha y el incremento de la producción está determinado por la expansión de la frontera agrícola. Cuando se examina el comportamiento de la producción, en zonas tradicionales del cultivo, se tiene la evidencia que los rendimientos en general son muy bajos por las siguientes causas: erosión acelerada de suelos; baja fertilidad; proliferación de plagas; ocurrencia de heladas y manejo deficiente del proceso productivo. En Bolivia se habla mucho de la sostenibilidad de la producción de quinua, pero no existe una decisión política de hacer realidad este anhelo, ya que no existe coordinación de los actores con este propósito. En este marco, la Fundación PROINPA, ha iniciado una serie de actividades para aprovechar las potencialidades de la biodiversidad de especies arbustivas de la región, con un enfoque de sistemas de producción que puede hacer sostenible la producción de este grano. Se recopiló información de experiencias similares en el país, relacionadas con los arbustos nativos del altiplano y las propuestas de su manejo, pero lo más importante fue la participación voluntaria de productores, quienes ofrecieron sus terrenos para recolectar semilla e implementar las prácticas sugeridas. La colecta de semilla, mediante métodos artesanales, fue satisfactoria y la multiplicación en vivero de las especies nativas fue muy buena, con resultados que superan las expectativas del Proyecto, sin embargo se tuvo dificultades en las siembras directas en campo, donde si bien se logró algún porcentaje de germinación, los problemas relacionados con el enterramiento de plantines fueron determinantes para la pérdida del material.

**Palabras clave:** Manejo Agronómico; Repoblamiento; Calidad de Semilla

**Summary. Native shrubs and their contribution perspectives to quinoa production sustainability.** In the last 10 years, the production figures that the Ministry of Agriculture in Bolivia has, indicate that average quinoa yields in the country does not exceed 600 kg / ha and the increased production figures are determined by expanding the agricultural frontier. When the behavior of production in traditional crop areas is examined, there is evidence that yields are generally very low due to the following reasons: accelerated soil erosion; low fertility; proliferation of pests; frosts and poor management of the production process. In Bolivia, much have been said about the sustainability of quinoa production, but there is not a policy decision to make this wish come true, since there is no coordination of the actors for this purpose. In this productive reality framework, PROINPA Foundation has initiated a series of activities to exploit the potential of the biodiversity of shrub species in the region, focused on production system that can make sustainable this grain production. Information on similar experiences were collected in the country, related to highland native shrubs and manage-

ment proposals, but more important was the voluntary participation of producers who offered their lands to collect seed and implement the practices suggested. Seed collection through traditional methods was satisfactory and multiplication of native species in nursery was very good, with results that exceed the expectations of the project, however, there were difficulties in sowing directly in field, where despite the existence of some germination percentage, the problems associated with seedlings burial were crucial for material losses.

**Keywords:** Agricultural Management; Repopulation; Seed Quality

## Descripción del problema y las acciones realizadas para solucionarlo

En el Altiplano Sur se diferencian tres zonas de producción de quinua: *cerro, faldas de cerro o ladera y planicie o pampa*. Los suelos en su generalidad son arenosos o areno francosos, o franco arenosos (Soraide, 2011; Orsag *et al.* 2013). En este tipo suelos el problema más serio es la erosión, que se traduce en baja fertilidad y bajos rendimientos de quinua.

En algunas zonas tradicionalmente productoras de quinua, se observan parcelas abandonadas, que después de haber sido cultivadas con quinua por varios años, han perdido su capacidad productiva. Es común observar parcelas de 10, 20 o más ha que se han convertido en arenales. En una estimación preliminar en la comunidad Chacala, los arenales pueden alcanzar a 600 ha, siendo muy susceptibles a la erosión eólica. Esta situación trae como consecuencia que se habiliten nuevas parcelas y zonas para el cultivo de quinua, ampliando la frontera agrícola e incurriendo en el monocultivo de quinua.

Según Altieri y Nichols (2000), los monocultivos que se expanden a través del mundo, se caracterizan porque año tras año se produce la misma especie sobre el mismo suelo, donde la complementa-

riedad ecológica entre el suelo, cultivos y animales es inexistente y un cultivo específico se expande más allá de su espacio natural o área favorable.

Este es el caso de la quinua que se expande de las laderas hacia las planicies. (Aroni, 2008, Aroni y Bonifacio, s/a., Soraide, 2011), por ello varios autores han abordado la problemática de la sostenibilidad de la quinua, desde puntos de vista reflexivos, críticos y dando sugerencias de soluciones (Soraide, 2011, Medrano y Torrico, 2009, Jaldín, 2010, Jacobsen, 2011 y 2012, Winkel *et al.* 2012, Orsag *et al.*, 2013, Ormachea y Ramírez, 2013).

Según el Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE) en el año 2013, en la campaña agrícola 2001-2002, Bolivia registró más de 37.000 hectáreas con quinua, después de 10 años, en la campaña 2011-2012, se incrementó la superficie a 96.544 hectáreas.

Con esta tendencia de crecimiento, para el periodo 2013-2014, se prevé un incremento de 12% a la superficie antes mencionada. El incremento de la superficie permite el aumento de los volúmenes de producción, mientras que los rendimientos unitarios en el Altiplano Sur se mantienen en cerca de 500 kg/ha.

La consecuencia de la ampliación de la frontera agrícola de la quinua, es la

reducción de las áreas de pastoreo y la reducción de la población de llamas, afectando negativamente la disponibilidad de estiércol para la agricultura (Aroni, 2008, Jaldín, 2010, Vallejos *et al.*, 2011, Aroni y Bonifacio s/a).

El efecto más serio en los últimos años ha sido el causado por los fuertes vientos que arrastran grandes cantidades de arena de las capas superficiales de los suelos sueltos, esto provoca el enterrado de plantines en la etapa de establecimiento, reducen el repoblamiento natural de la flora nativa, provocan la destrucción de viviendas, etc. Es evidente percibir este arrastre de tierra en los perímetros de las parcelas, y en los caminos de acceso a las parcelas, observándose promontorios acumulados en los *t'ulares* y en otros casos cárcavas en *t'ulares* y caminos.

Este panorama solo ratifica que la verdadera vocación del Altiplano Sur es la ganadería, pero por la gran oportunidad que representa la quinua, se está dando un uso extensivo e intensivo en la agricultura, puesto que producirla y venderla, es una oportunidad para salir de la pobreza, para una población que durante siglos ha tenido pocas opciones de obtener ingresos económicos.

En el agro ecosistema del altiplano y particularmente del Altiplano Sur, la práctica de la deforestación de especies nativas para habilitar nuevas tierras para sembrar quinua, está causando problemas serios en la conservación de suelos y la eliminación de los hábitats naturales, con consecuencias de baja productividad de los suelos y proliferación de plagas que atacan al cultivo de la quinua.

En el último quinquenio, surge como un problema fundamental, la sostenibilidad de la producción de quinua; para enfrentar esta problemática, se proponen prácticas de conservación de suelo, entre ellas la implementación de barreras vivas, barreras físicas, repoblamiento con especies nativas, uso de estiércol, rotación de cultivos, entre otras (Puschiasis, 2009, VSF-CICDA 2009, Orsag *et al.*, 2013). Cada una de estas prácticas tiene su fundamento y su aporte para reducir la erosión del suelo, sin embargo, no se plantea la factibilidad de cómo implementarlas a mayor escala.

Entre los ejes temáticos prioritarios, Jaldín (2010) menciona la capacidad ecológica del ecosistema en relación a dinámicas territoriales, modelos sostenibles para la producción de quinua, tecnologías ecológicamente sostenibles entre otras, planteando una serie de interrogantes que deberían ser respondidas con la investigación.

Bajo este contexto, la Fundación PROINPA implementa acciones para contribuir a la sostenibilidad del sistema de producción basado en quinua, mediante la investigación y el uso de especies nativas adaptadas ancestralmente a estas zonas, particularmente arbustos o *t'ulas*. Para esto busca la tecnología más eficiente, que sea posible implementarla en gran escala, fácil de replicarla y económicamente factible. En este sentido se considera la revaloración de los arbustos o *t'ulas*, la búsqueda de sitios específicos de adaptación, métodos de recolección de semilla, pruebas de germinación, métodos de multiplicación, trasplante y establecimiento de parcelas demostrativas e implementación de barreras vivas multi especie.

## Reconocimiento y revaloración de arbustos

Los arbustos nativos cumplen roles diversos en sistemas de producción centrados en el cultivo de quinua. El nombre de *t'ula* es el nombre genérico de arbustos nativos leñosos y semi leñosos, siempre verdes, que crecen en zonas semi áridas (Alzérreca *et al.*, 2002, Zamora, 2008; Pizarro, 2013, Aroni y Bonifacio s/a), sin embargo existen nombres nativos para cada una de las especies como se expone a continuación:

*Parastrephia lepidophylla* se conoce con los nombres nativos de *sup'u tula*, *aymar t'ula*, *sip'u t'ula*, *khiruta*, *pachataya*, *taya t'ulalos*, mismos que representan el hábito de crecimiento denso (*sup'u*), hojas recinosas y adheridas (*sip'u*), adaptación a ambientes de helada (*pacha-taya*, *taya t'ula*), rusticidad (*khiru t'ula*) y el uso como combustible (tola de pan, leña).



*Parastrephia lepidophylla* (Well.) Cabrera

*sup'u tula*, *aymar t'ula*, *sip'u t'ula*, *khiruta*, *pacha-taya*, *taya*, *tuya*, *tola de pan*, *leña*

*Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera cuyos nombres nativos son *Uma T'ula*, *yacu t'ula*, *qulla t'ula*, leña de agua, que refieren a plantas adaptadas a suelos relativamente húmedos o indicadores de agua (*uma t'ula*, *yacu t'ula*), usos medicinales para quitar la fiebre y curar luxaduras (*qulla t'ula*).

*Fabiana densa* Remy con nombres comunes de *tara-tara*, *tara*, *tola*, *tolilla*, *pichana* que representan la forma del tallo faciado irregularmente hasta la bifurcación en algunos casos (*tara*, *tara/tara*), y ramas delgadas (*tolilla*), aptas para usar como escoba (*pichana*).

*Parastrephia quadrangulare* con sus nombres nativos de *t'it'i t'ula*, *sunsu t'ula* que refieren a su hábito de crecimiento abierto, semi arrosado, tomando posición de ramas algo caprichosa (*t'it'i*) o la condición de floración irregular en diferentes estaciones del año (*sunsu* derivado de sonso).



*Parastrephia lucida* (Meyen) Cabrera

*uma t'ula*, *yacu t'ula*, *qulla t'ula*, *leña de agua*, *pacha-taya*, *taya*, *tola de pan*, *leña*



*Fabiana densa* Remy

tara-tara, tola, tolilla, tara, pichana



*Parastrephia quadrangulare* Cabrera

t'iti'i t'ula, sunsus t'ula

*Lampaya medicinalis* Moldenke: *lamphaya* o *lamphayo*, que en idioma nativo refleja el uso como combustible que se le da en la cocina (*lawa* y *phaya* o leña para cocinar).

*Senecio clivicolus* con sus nombres nativos de *qariwa* y *waych'a*, refiriendo a su condición prolífica e invasiva (*aqariwa*) o la forma de follaje abierto a manera hilachada del follaje (*waych'a*).

*Baccharis tricuneta*, *B. tola* cuyo nombres nativos de *ñak'a tula*, *ñak'a*, *orqu ñak'a*, *qachu ñak'a*, *t'ula* hembra o *t'ula* macho representan la condición de planta dioica o sea macho (*orqu*) y *qachu* (*hembra*).

*Alcantholippia deserticola* Phil. Cuyo nombre común es *rica-rica* que refiere al uso de las hojas en la preparación de mates y refrescos que tienen un sabor dulce.



*Lampaya medicinalis* Moldenke

*lamphaya*, *lamphayo*



*Baccharis tricuneta*

*ñak'a tula*, *ñak'a*, *orqu ñak'a*, *qachu ñak'a*, *t'ula* hembra, *t'ula* macho

*Senecio clivicolus*

qariwa, waych'a

*Alcantholippia deserticola* Phil.

rica-rica

## Adaptación de especies

Las diferentes especies nativas tienen diferente comportamiento y adaptación en eco regiones del altiplano. En una vista panorámica se observa distintas especies, cubriendo manchas de vegetación pura y mixta, pudiendo estar ubicadas en ladera, planicie, arenales, bofedales, etc.

Las referencias bibliográficas consultadas no mencionan o no dan énfasis a la adaptación a nichos ecológicos del altiplano (Zamora, 2008; Soraide, 2011; Román *et al.* 2011; Orsag *et al.*, 2013), considerándose genéricamente como especie propia de zonas semi áridas.

Si bien Alzérreca *et al.* (2002) ofrecen alternativas para el manejo de tolares, se debe considerar que para fines de aprovechamiento dirigido de las especies, es necesario conocer su adaptación en sentido amplio y también su adaptación específica y relacionarlas con las alternativas de producción de semilla y crecimiento.

Así, la especie *uma t'ula* está bien adaptada en planicies próximas a bofedales,

donde el suelo tiene abundante humedad. Los agricultores la asocian con los acuíferos subterráneos, lo cual está reflejado en el nombre nativo de *uma t'ula*, que traducido literalmente significa *t'ula*, afín al agua.

La *lampaya* tiene su hábitat preferido en las planicies con acumulaciones de arena o dunas o laderas, pero siempre en suelo arenoso y con ocurrencia de vientos frecuentes. La *lampaya* tiene la particularidad de formar abundante materia orgánica al pie de la planta donde se procrea la entomofauna, lo que contribuye a la descomposición de las hojas acumuladas. Es muy frecuente encontrar larvas de coleópteros (*laqatu*) que es el alimento preferido del *quirchicho* (*Chaetopractus nationi*).

La *tara-tara*, es una especie que se desarrolla muy bien en laderas o pie de monte, relativamente protegidos de los vientos fuertes y donde los suelos son francos, francos arenosos hasta francos arcillosos.

Los sitios donde crece la *tara-tara* son buenos para el cultivo de quinua (indicador de fertilidad).

La *sup'u t'ula*, desarrolla tanto en planicies y ladera, siendo la especie más difundida en el altiplano. Prefiere suelos profundos y de reacción relativamente ácida, de textura franco a franco arcilloso. La *sup'u t'ula* forma abundante hojarasca en la base de la planta que es fuente de materia orgánica.

La *qariwa* es una especie semi leñosa de ciclo pluriestacional a bianual. Se trata de una especie muy común en el Altiplano Norte, que en los últimos años ha avanzado hacia el Altiplano Central y últimamente se encuentra en el Altiplano Sur, colonizando áreas considerables.

Esta especie se caracteriza por su alta prolificidad y tolerancia a heladas, transcurre su ciclo vegetativo en invierno, florece en verano y perece después de formar semilla en la época lluviosa. En algunas zonas se la considera como especie invasiva, sin embargo, en zonas semi áridas, podría ser una alternativa para cobertura vegetal y fuente de materia orgánica, en todo caso, debe ser acompañada por una estrategia de manejo.

La *rica-rica* es un arbusto semi espinoso que crece en laderas de cerros. Presenta raíz profunda que le permite establecerse aún en suelos compactos. Es una planta altamente tolerante a la sequía. Las ramas espinosas le permiten soportar al ramoneo de animales.

## Métodos de recolección de semilla

El estudio de la biología reproductiva ha permitido conocer la etapa vegetativa y reproductiva de las especies. Los arbustos registran floración entre septiembre

y octubre, la fructificación tiene lugar entre noviembre y diciembre. En muchos casos se ha observado fructificaciones fuera de este periodo (enero, febrero, marzo) probablemente por las perturbaciones provocadas por el cambio climático.

La cosecha de semilla inicialmente se ha realizado en forma artesanal, empleando recipientes acondicionados (bidón cortado), para disponer la parte cortada en dirección contraria al viento, para facilitar la recolección de las semillas.

En algunos casos, se ha empleado bolsas de polipropileno de boca ancha para recolectar semilla. Los frutos-semilla de los arbustos, son muy sensibles a la dispersión por vientos, por muy leves que sean éstos, sus estructuras de diseminación constituyen los vilanos que terminan formando una especie de para-caídas.

Para facilitar el trabajo de recolección, se ha adaptado una aspiradora portátil con fuente de energía de una batería, aunque el manejo del equipo en el terreno es algo dificultosa, facilita la recolección de semilla, especialmente de la *ñaka* (*Baccharis tricuneata*). En base a esta experiencia, se está adaptando una aspiradora eléctrica de mayor potencia, además de colectores de semilla tipo red entomológica.

El beneficiado de la semilla de los arbustos consiste en la remoción de las estructuras de diseminación (vilanos, brácteas y restos de flores masculinas). Esta labor requiere el empleo de lentes de protección y barbijos para evitar la inhalación de partículas vegetales y otras impurezas adheridas a la semilla.



Recolección manual de semilla de *sup'u t'ula*



Recolección de semilla con aspiradora a batería (12 v 76 A)



Semilla de *ñak'a t'ula* (proceso de beneficiado)



Fruto/semilla de *lamphaya* (sin beneficiar)

## Multiplicación de especies en vivero

En los viveros de especies nativas en Quipaquipani (La Paz), Rancho Grande (Oruro) y Chacala (Potosí), se están probando métodos para la multiplicación masiva de especies nativas. Son los lugares donde las plántulas reciben los cuidados necesarios hasta lograr plantas vigorosas, para que sobrevivan y se desarrollen en el campo después del trasplante definitivo.

Las prácticas de multiplicación han sido el almacenado, seguido por repique en bolsas-maceta y la siembra directa en

bolsas-maceta, siendo este último método el más barato y eficiente.



Platabanda de multiplicación de *sup'u t'ula* en vivero en Chacala

La siembra directa en campo (al voleo) ha tenido poco éxito por enterrado y

arrastre de semilla por el viento, así como por el deshidratado en menor tiempo de las semillas germinantes. Es necesario continuar perfeccionando algunas técnicas de siembra directa, empleando semilla peletizada (bolitas de arcilla, uso de semilla pregerminada, etc.).

Los materiales utilizados han sido semillas de *ñak'a t'ula* (*Baccharis tricuneata*), *sup'u t'ula* (*Parastrephia lepidophylla*), *uma t'ula* (*Parastrephia lucida*) *tara tara* (*Fabiana densa*), *lamphaya* (*Lampaya castellani*), *qariwa* (*Senecio clivicolus*).

## Transplante definitivo en barreras vivas

En las zonas de producción de quinua, particularmente en el Altiplano Sur, las parcelas de quinua están distribuidas erráticamente, sin ninguna norma de manejo, en algunos casos se puede observar parcelas demasiado anchas, en dirección a los vientos locales, condición que facilita los procesos erosivos.

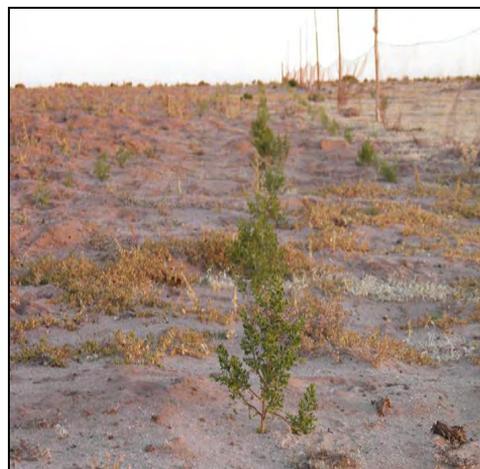
A fin de mitigar el efecto de erosión, se ha establecido barreras vivas dispuestas en forma transversal a la dirección de los vientos locales. El ancho de las parcelas tiene una dimensión de 50 m a 60 m, la longitud de las parcelas pueden variar entre 100 m a 300 m. Este diseño debería ser aplicado para todas las nuevas parcelas que están siendo incorporadas a la producción comercial.

Se ha comprobado que los plantines de especies nativas, desarrollados en bolsas pequeñas, son más fáciles de transportar y manejar en el terreno. Algo de destacar es la época de trasplante, que necesariamente debe coincidir con el inicio

de las lluvias, teniendo un periodo de un mes para trasplantar los arbustos.

Ante la magnitud del problema que atañe a la sostenibilidad de la producción de quinua, la propuesta de reforestación con especies nativas es una contribución, que en el mediano y largo plazo, puede ayudar a una estabilización ecológica y coadyuvar a ser sostenible la producción de quinua. Se destaca la adaptación milenaria de especies nativas y las perspectivas de su aprovechamiento en sistemas de producción de quinua, lo que contribuirá a reducir la erosión de suelos, generará materia orgánica en la misma zona, además proporcionará albergue, alimento y refugio a la fauna benéfica así como a los micro organismos, permitiendo llegar a un deseado equilibrio ecológico.

Al ser una tarea grande, las acciones de reforestación con especies nativas y naturalizadas, incumben a niveles superiores de decisión, como municipios, gobiernos departamentales y gobierno nacional.



Barrera viva con *ñak'a tu'la*

Por otra parte, los costos en recursos, y el tiempo requeridos para el establecimiento y manejo de los arbustos nativos, debe ser considerado en el marco de servicios ecológicos y ambientales, los mismos que por su naturaleza deben merecer el apoyo de la cooperación nacional e internacional.

En este contexto con las primeras experiencias de la fundación PROINPA, se ha logrado:

- Reconocimiento y revaloración de las principales especies nativas arbustivas.
- La diversidad de especies y diversidad genética dentro las especies arbustivas.
- La adaptación ecológica de especies nativas vigente en el altiplano.
- Formas de recolección de semilla de especies nativas.
- Métodos de multiplicación masiva de arbustos.
- Viabilidad de semillas de arbustos.
- Barreras vivas multi especie.
- Métodos y épocas de trasplante definitivo en barreras vivas.

En todos los trabajos anteriores, es importante destacar el involucramiento de productores, quienes a través de su conocimiento local y propia experiencia, realizan un valioso aporte a esta experiencia para aprovechar de manera sostenible la biodiversidad local, en sistemas de producción de quinua en el Altiplano Boliviano.

### ***Comunidades de agricultores involucradas:***

- Comunidades de Chacala y Chita, Potosí.
- Comunidad de Rancho Grande, Oruro.
- Productores colaboradores de Buena Vista-Aroma, Oruro.

### **Referencias citadas**

- Altieri M., Nichols C. 2000. Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. UN/PNUMA. Red de formación ambiental para América Latina y el Caribe. México. 200 p. Serie Textos básicos para la formación ambiental 4.
- Alzérreca, H., Calle, P., Laura J. 2002. Manual de manejo y uso sostenible de la tola y los tolares. PNUD-ALT-AIGACA. La Paz, Bolivia. 55 p.
- Aroni, G. 2008. Recuperación de suelos para una producción sostenible de quinua en el Altiplano Sur, LIDEMA, Revista Hábitat. La Paz, Bolivia pp. 50-53.
- Aroni G., Bonifacio, A. Erosión de suelos en Altiplano Sur: Camino a la desertificación. *En línea*. Disponible en: <http://www.proinpa.org>. Consultado el 6 de junio de 2014.
- IBCE. 2013. La quinua boliviana traspasa fronteras para el consumo mundial. 2013: Año Internacional de la quinua. Comercio Exterior Nro. 2010.
- Jacobsen, S. 2011. The situation for quinua and its production in southern Bolivia: from economic success to environmental disaster. *J. Agron. Crop Sci.* 197:390–399.

- Jacobsen, S. 2012. What is Wrong With the Sustainability of Quinoa Production in Southern Bolivia – A Reply to Winkel *et al.* (2012). *J. Agron. Crop Sci. Short Communications*: 1-4.
- Jaldín, R. 2010. Producción de quinua en Oruro y Potosí. Plural, La Paz, Bolivia. Estados de investigación temática PIEB Nro. 3. 100 p.
- Medrano, A., Torrico, J. 2009. Consecuencias del incremento de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Altiplano Sur de Bolivia. *CienciAgro* 1(4):117-123.
- Ormachea, S., Ramírez, N. 2013. Propiedad colectiva de la tierra y producción agrícola capitalista. El caso de la quinua en el Altiplano Sur de Bolivia. Presencia SRL, CEDLA. La Paz, Bolivia. 172 p.
- Orsag, V., León, L., Pacosaca, O., Castro, E. 2013. Evaluación de la fertilidad de los suelos para la producción sostenible de quinua. *T'inkazos*. 33: 89-112.
- Pizarro, J. 2013. Formas de vida en la etnobotánica aymara. *Indiana*. 30:301-323.
- Puschiasis, O. 2009. La fertilidad: Un recurso "cuchicheado". Análisis de la valorización del recurso territorial fertilidad por las familias de la zona Intersalar, Bolivia. *En línea*. Disponible en: <http://www.ird.fr>. Consultado el 27 de mayo de 2014.
- Román, P., Ayaviri, D., Navarro, Z. 2011. Medio ambiente y producción de quinua: Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia PIEB. La Paz, Bolivia. 242 p.
- Soraide, D. 2011. La quinua real en el Altiplano Sur de Bolivia. Documento técnico para la denominación de origen. ANAPQUI - CECAOT - APQUISA – CADEPQUI-OR - CADEQUIR/CNPQ - CABOLQUI - Reino de Los Países Bajos. FAUTAPO - Educación para el Desarrollo. 108 p.
- Vallejos, P., Ayaviri, D., Navarro, Z. 2011. Medio ambiente y producción de quinua. Estrategias de adaptación a los impactos del cambio climático. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia. PIEB. La Paz, Bolivia. 242 p.
- VSF-CICDA. 2009. Quinoa y territorio. RURALTER, IRD, VSF - CICDA y Comunidades del Intersalar, Agrónomos y Veterinarios sin fronteras. Plural, La Paz, Bolivia. 156 p.
- Winkel, T., Bertero, D., Bommel, P., Chevarria, M., Cortes, G., Gasselin, P., Geerts, S., Joffre, R., Le'ger, F., Martinez, B., Rambal, S., Rambal, G., Tichit, M., Tourrand, J., Vassas, A., Vacher, J., Vieira, M. 2012: The sustainability of quinoa production in southern Bolivia: From misrepresentations to dubious solutions. Comments on Jacobsen (2011). *J. Agron. Crop Sci.* 197:390-399.
- Zamora, V. 2008. Estudio de aproximaciones etnobotánicas en áreas productoras del intersalar de quinua real del departamento de Potosí. Parte I. FAUTAPO-DELA. Potosí, Bolivia. 74 p.

Trabajo recibido el 12 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 19 de junio de 2014

# Conformación de la colección núcleo de *Chenopodium quinoa* Willd. (quinua) de Bolivia con datos morfológicos y moleculares

Silene Veramendi; Ximena Cadima; Milton Pinto; Wilfredo Rojas

*Trabajo financiado por: SIBTA, Fundación McKnight, Fundación PROINPA*

*E mail: x.cadima@proinpa.org*

**Resumen.** La colección núcleo es una colección representativa de la diversidad genética de un cultivo dirigida a promover un uso más eficiente de los materiales conservados en los Bancos de Germoplasma. El objetivo de este trabajo fue conformar una colección núcleo de quinua con datos morfológicos y moleculares y evaluar su representatividad, de forma que la entidad responsable de la custodia de la *Colección Boliviana de Quinoa*, cuente con información necesaria para facilitar la toma de decisiones en cuanto al uso y evaluación de la diversidad genética del germoplasma de quinua. Se utilizó la *Estrategia M* o de *Maximización de la Diversidad* para la selección de los materiales representativos que conforman la colección núcleo, utilizando el programa informático PowerCore ®. El estudio se realizó en la *Colección Boliviana de Quinoa* conformada por materiales provenientes del altiplano, los valles interandinos y materiales silvestres que contaban con datos completos de caracterización morfológica y molecular. Se identificaron dos escenarios de colección núcleo: 1) 31% de la colección total que representa el 100% de la diversidad genética y 2) 24% de la colección total representando el 80% de la diversidad genética. La comparación de índices de diversidad, entre la colección total y la colección núcleo, corroboró la representatividad de diversidad genética de ésta última.

**Palabras clave:** Diversidad genética; Microsatélites; Banco de Germoplasma

**Summary. Formation of the *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa) core collection in Bolivia with morphological and molecular data.** The core collection is a representative collection of a crop genetic diversity aimed to promote a more efficient use of materials preserved in the Germplasm Banks. The aim of this study was to form a core collection of quinoa with morphological and molecular data and evaluate their representativeness, so that the entity in charge of the *Bolivian Quinoa Collection* custody, can have the necessary information to facilitate decisions-making regarding the use and evaluation of the genetic diversity of quinoa germplasm. It was used the *M* or *Maximizing Diversity Strategy* for the selection of representative materials that form the core collection, by using the PowerCore ® software. The study was conducted in the *Bolivian Quinoa Collection* with materials from the altiplano, the interandean valleys and wild materials that had complete data on morphological and molecular characterization. Two scenarios of core collection were identified: 1) 31% of the total collection representing 100% of the genetic diversity and, 2) 24% of the total collection representing 80% of the genetic diversity. By comparing the indexes diversity between the total collection and core collection, it was confirmed the representativeness of the latter genetic diversity.

**Keywords:** Genetic Diversity; Microsatellites; Germplasm Bank

## Descripción del problema y las acciones del Proyecto

La *Colección Boliviana de Germoplasma de Quinoa* tiene una amplia variabilidad genética con más de 3.000 accesiones de materiales cultivados y silvestres, recolectadas en diferentes zonas agroecológicas del país y que corresponden a los departamentos de La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija. Asimismo, la colección cuenta con germoplasma proveniente de Perú, Ecuador, Colombia, Argentina, entre otros (Rojas *et al.*, 2010).

Cuando las colecciones de germoplasma son amplias, en cuanto al número de accesiones, se dificulta el uso del material genético y por ello se recomienda implementar colecciones núcleo.

Según Jaramillo y Baena (2000), una colección núcleo consiste en un subconjunto de accesiones de germoplasma, que representan entre 10% a 15% del total de número de accesiones, y a la vez este sub-conjunto debe representar al menos entre el 70% a 80% de la variabilidad genética.

Las colecciones núcleo son importantes entonces para que los usuarios de los bancos de germoplasma, por ejemplo fitomejoradores, usen de forma más apropiada y frecuente, la rica variabilidad conservada en los bancos, para buscar fuentes y genes valiosos de resistencia a factores abióticos y bióticos, y de calidad, para luego incorporarlas a nuevas variedades en los procesos de mejora genética para adaptación al cambio climático, y para la selección de materiales de mayor calidad y/o con aptitud de usos agroindustriales.

Para iniciar este estudio se verificó previamente la disponibilidad de:

- Información de datos morfológicos y moleculares de las accesiones del germoplasma de quinoa. La información morfológica fue generada desde la década de los años noventa (Rojas 2003, Rojas *et al.*, 2001), la información molecular y parte de la información morfológica en la primera década del año 2000, cuando la Fundación PROINPA estuvo a cargo de la administración del Banco Nacional de Granos Altoandinos por delegación del Gobierno Boliviano (Rojas 2008).
- Herramientas bioinformáticas que puedan ser aplicadas en la identificación de la colección núcleo, como es el caso del programa PowerCore® que utiliza la *Técnica M de Maximización* en la búsqueda de accesiones representativas (van Hintum *et al.*, 2003; Kyu - Won *et al.*, 2007; PASW, 2009).

## Metodología

### *Selección de accesiones en base a datos morfológicos y moleculares*

La información a nivel molecular se obtuvo de la caracterización realizada a la *Colección Boliviana de Quinoa* con ocho marcadores microsatélites (Cuadro 1). Estos marcadores son relevantes porque presentan ventajas como: codominancia, multialelismo y tienen alta heterocigosidad, los mismos fueron seleccionados de una librería de microsatélites (SSR) por presentar un alto nivel de polimorfismo (Maughan *et al.* 2004).

**Cuadro 1.** Características de los microsatélites utilizados en la caracterización molecular de la *Colección Boliviana de Quinua*

Nro.	Microsatélite	Motivo repetido	Secuencia directa del iniciador (5'-3')	Secuencia inversa del iniciador (5'-3')	TH * (°C)
1	QCA006	(CA)15CG(CA)4	gctctattaaggaaatgagggttca	gccattcaattcagcaaaagg	51
2	QATG019	(ATC)12	ccaacaagaagacaataag-gaaacc	cgagggtgaaggagattcca	60
3	QAAT051	(AAT)14	ccttcgacaagggtcccatta	cgctcatagtgaggcattt	53
4	QCA058	(GT)17	ctcgaccagcagggtctg	ctagctaggcgttgacctgac	60
5	QAAT050	(AAT)17	ggcacgtgctgctactcata	tggcgaatggtaatttgc	51
6	QAAT074	(ATT)14	atggaacacccatccgataa	atgcctatcctcatcctcca	55
7	QAAT076	(ATT)30	gcttcgtgtgtataaaatgccaat	tctcggctcccactaatttt	55
8	QAAT022	(TTA)29	tggctgatatagatgaacccaaa	ggagcccagattgtatctca	53

\*: TH: Temperatura de hibridación

La caracterización molecular permitió obtener índices de diversidad como el *Contenido de Información Polimórfica* (PIC) y *Heterocigosidad* (H), para cada conjunto de muestras de las regiones, siendo las quinuas del Altiplano Centro (AC) y del Altiplano Sur (AS) las más abundantes, pero también las más diversas del altiplano (cuadros 2 y 3).

Para el presente estudio, los datos de los alelos (en pares de bases) de cada microsatélite, fueron transformados en datos binarios y dispuestos en una matriz denotando la presencia de un alelo como 1 y la ausencia como 0. La información, a nivel morfológico, se obtuvo de la evaluación realizada en la colección de germoplasma, de donde se seleccionaron 48 variables que incluyeron datos de: coloración en el vástago, arquitectura de planta, tallo, hoja, inflorescencia y/o panoja, características del grano, saponina, rendimiento, fenología y tolerancia a factores abióticos (heladas) y bióticos (mildiu).

Las quinuas de cada región tienen un patrón agromorfológico que las distinguen entre ellas. En el Altiplano Centro

crecen de 0.5 a 1.2 m, con hábito de crecimiento de ramas cortas, el tipo de panoja que prevalece es la glomerulada, el ciclo fenológico de  $168.40 \pm 14.05$  días.

En el Altiplano Sur tienen el grano de mayor tamaño (2.20 a 2.67 mm de diámetro), con alto contenido de saponina; la panoja que prevalece es la amarantiforme.

En el Altiplano Norte tienen una altura de 0.8 a 1.5 m, la panoja que prevalece es la glomerulada, el grano es de tamaño pequeño a mediano y de color blanco, el ciclo de cultivo es medianamente tardío a tardío (175 días).

En los valles interandinos pueden alcanzar hasta 2.5 m o más de altura, con ramas que alcanzan el segundo tercio de la planta y hojas muy dentadas, el ciclo fenológico es tardío (188 a 205 días), las panojas amarantiformes son las que predominan, el tamaño del grano es mediano ( $2 \pm 0.13$  mm) y tiene alto contenido de saponina (Rojas y Pinto 2013, Bonifacio *et al.* 2012; Rojas 2003; Rojas *et al.* 2001).

Para el presente estudio los datos morfológicos anteriormente mencionados se dispusieron en una matriz donde se indicaron los nombres de las accesiones y los descriptores morfológicos con varios niveles por descriptor (3 a 11).

En base a la información disponible de caracterización molecular y morfológica, del total de accesiones de la colección de quinua, se seleccionaron 1672 accesiones bolivianas, provenientes de cinco regiones: Altiplano Norte, Altiplano Centro, Altiplano Sur y valles interandinos y de hábitats naturales para el caso de las quinuas silvestres (ajaras) (Cuadro 2).

### ***Análisis estadístico: Conformación de la colección núcleo de quinua***

Para la conformación de la colección núcleo, se hizo una matriz con los datos moleculares y morfológicos, que fue introducida en el programa PowerCore®, el cual permite realizar un muestreo mediante la *Estrategia M de Maximización* (van Hintum *et al.* 2003). Esta estrategia consiste en el uso de datos que indican la magnitud de la diversidad de marcadores utilizados en la caracterización del germoplasma, es decir que garantiza la inclusión de la máxima riqueza alélica para los *loci*/marcadores empleados y toma en cuenta directamente, en esos *loci*, la magnitud de la variación y la divergencia respecto al modelo o patrón. Es importante indicar que la *Estrategia M* no sólo define el número de accesiones que debe provenir de grupos diferentes, sino que identifica también las accesiones que se quieren incluir (Brown y Schoen, 1994; Schoen y Brown, 1995; Cortez 2011). De esta forma, con las accesiones seleccionadas por el programa, se generó un

dendrograma de la colección núcleo, utilizando el programa NTSYSpc versión 2.1.10® y se comparó su estructura con el dendrograma de la colección total. También se compararon índices de diversidad entre ambas colecciones, para comprobar la representatividad de la colección núcleo (Rohlf 2000; Zambrano *et al.* 2003).

### **Logros**

Los datos del análisis, con un nivel de representatividad del 100% de la diversidad genética, generaron un subconjunto de 486 accesiones que corresponde al 31% de la colección total. Aplicando un nivel de representatividad del 80% de la diversidad genética, sugerido por bibliografía (Frankel *et al.*, 1984; Jaramillo y Baena, 2000; Ozer *et al.*, 2004), se alcanzó un subconjunto de 410 accesiones, que son el 24% de la colección total (Cuadro 2).

El Cuadro 2 muestra también el número de accesiones de la colección núcleo por región. Se observa que el porcentaje de las accesiones de cada región es variable, esto denota la mayor o menor redundancia (material duplicado o genéticamente muy similar) de accesiones al interior de cada región.

Es el caso de los materiales del Altiplano Norte, donde un mayor porcentaje de accesiones ha sido considerado tanto al 80% como al 100% de representatividad (46% y 57%, respectivamente) en comparación con las otras regiones, es porque en esta región existe menor redundancia, por lo tanto la mayor parte de las accesiones son genéticamente diferentes entre sí.

**Cuadro 2.** Número de accesiones de la colección núcleo por región, seleccionadas a través de la maximización de la colección total para 80% y 100% de representatividad

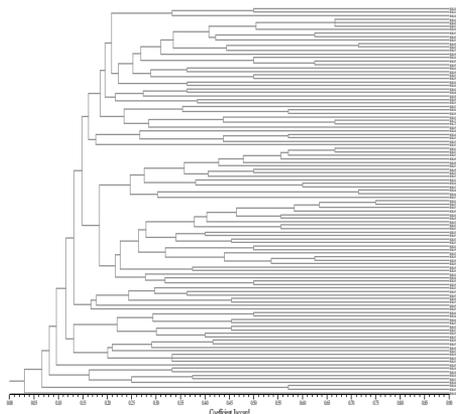
Región	Accesiones totales	80% de representatividad genética		100% de representatividad genética	
		Colec. núcleo	%	Colec. núcleo	%
Altiplano Centro	791	117	14	146	18
Altiplano Sur	372	108	29	135	36
Altiplano Norte	111	50	46	63	57
Valles interandinos	269	114	42	142	53
Hábitats naturales	129	22	17	27	21
<b>Total</b>	<b>1.672</b>	<b>411</b>	<b>25</b>	<b>513</b>	<b>31</b>

Situación similar, de poca redundancia, se observa también en los materiales de los valles interandinos, y es notable que el número de accesiones identificadas para la colección núcleo de esta región, sea mayor a las del Altiplano Sur y muy cercano a las del Altiplano Centro, lo que implica que aunque el número de accesiones totales de las regiones del Altiplano Centro y Sur es mucho mayor a las de los valles interandinos, en estas dos regiones del altiplano, se recolectaron probablemente, varios materiales genéticamente similares entre sí.

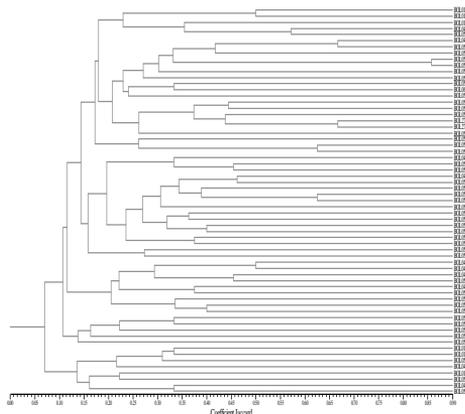
La comparación de la colección núcleo, con la colección total, mediante la visualización de los dendrogramas originados con los datos de cada colección, muestra que la colección núcleo conserva la estructura de la colección original.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo para el caso de los materiales del Altiplano Norte, donde la estructura genética (conformación de las accesiones en grupos y subgrupos) de ambas colecciones (total y núcleo) es la misma.

a)



b)



**Figura 1.** Comparación de dendrogramas para visualizar la estructura genética de:  
a) Colección total del Altiplano Norte (111 accesiones)  
b) Colección núcleo de la misma región (63 accesiones)

En el Cuadro 3 se comparan los datos de PIC por región, de la colección total, con los datos de PIC de la colección núcleo. Los índices de diversidad de la colección núcleo son ligeramente superiores a los de la colección original, porque se han reducido las redundancias, por lo tanto, las frecuencias alélicas son mayores.

Sin embargo, se puede apreciar que la representatividad de la colección núcleo, es consistente, considerando que la *Colección Boliviana de Quinoa* tiene una estructura tan diversa y compleja. La diversidad genética en la colección núcleo se mantiene y se ha reducido la redundancia al mínimo.

## Conclusiones

- La metodología aplicada en este estudio, permitió identificar las accesiones de quinua más representativas, es decir el grupo de accesiones en el que se mantuvo la ampli-

tud de la diversidad genética encontrada en la colección total, en base a marcadores microsatélites, descriptores agromorfológicos y evaluaciones de tolerancia a mildiu y heladas. La calidad y cantidad de información considerada en este estudio, para conformar la colección núcleo de quinua, permite asegurar una amplia diversidad de accesiones para considerarlas en futuras evaluaciones para selección de materiales genéticos, ya sea con características particulares agromorfológicas o con tolerancia a mildiu y heladas.

- Es importante mencionar que la conformación de una colección núcleo es dinámica, en futuras investigaciones se podrían involucrar las demandas del contexto actual, como el cambio climático que exige variedades precoces o tolerantes a la sequía, o el mercado que exige variedades con cualidades nutricionales y agroindustriales.

**Cuadro 3.** Valores de PIC para los ocho microsatélites por región para la colección total y la colección núcleo

Locus	Valor de PIC por Región CT					Valor de PIC por Región CN				
	AC	AS	AN	VI	Silv.	AC	AS	AN	VI	Silv.
QCA006	0.72	0.69	-	-	-	0.74	0.71	-	-	-
QATG019	0.69	0.66	-	-	-	0.70	0.67	-	-	-
QAAT051	0.68	0.79	0.52	0.75	0.79	0.69	0.80	0.51	0.75	0.78
QCA058	0.76	0.81	-	-	-	0.76	0.82	-	-	-
QAAT050	0.88	0.83	0.75	0.79	0.88	0.89	0.83	0.76	0.79	0.87
QAAT074	0.92	0.92	0.88	0.93	0.91	0.92	0.91	0.88	0.93	0.91
QAAT076	0.88	0.90	0.90	0.86	0.89	0.88	0.90	0.90	0.87	0.89
QAAT022	0.92	0.92	0.87	0.94	0.92	0.92	0.92	0.87	0.94	0.92
<b>Promedio</b>	<b>0.81</b>	<b>0.82</b>	<b>0.78</b>	<b>0.85</b>	<b>0.88</b>	<b>0.81</b>	<b>0.82</b>	<b>0.78</b>	<b>0.86</b>	<b>0.87</b>

Referencias: AC: Altiplano Centro; AS: Altiplano Sur; AN: Altiplano Norte; VI: Valles interandinos; PIC: Contenido de Información Polimórfica; CT: =Colección Total; CN=Colección Núcleo

## Entidades involucradas

La información agromorfológica y molecular que fue utilizada en este estudio, fue generada en el marco del Proyecto *Manejo, Conservación y Uso Sostenible de Granos Altoandinos del Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINARGEAA)* y el *Proyecto Quinua* apoyado por la Fundación McKnight.

Las siguientes personas contribuyeron en el levantamiento de los datos moleculares, en los periodos de ejecución de los proyectos mencionados: Jorge Rojas Beltrán, Abel Turumaya, Pilar Gutiérrez, Rocío Maldonado, Lucía Pérez, Lilian Pinto y Masiel Ovando.

La información agromorfológica ha sido generada por el equipo técnico de la Regional Altiplano de la Fundación PROINPA.

## Referencias citadas

- Bonifacio, A., Aroni G., Villca, M. 2012. Catálogo Etnobotánico de la Quinua Real. Cochabamba, Bolivia. 123 p.
- Brown, A., Schoen, D. 1994. Optimal sampling strategies for core collections of plant genetic resources. **In:** V. Loeschke, J. Tomiuk y S. Jain (Eds.). *Conservationgenetics*. BirkhäuserVerlagBasel, Suiza. pp. 357-369.
- Cortez, F. 2011. Construcción de una colección núcleo de *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* conservada en el banco nacional de tubérculos y raíces andinas en base a marcadores morfológicos y moleculares. Tesis de Maestría. Posgrado FCAP-UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Frankel, O., Brown, A. 1984. Plant genetic resources today: A critical appraisal. **In:** Holden, J., Williams, J. (Eds.). *Crop Genetic Resources: Conservation and evaluation*. Allen and Unwin. London, UK.
- Jaramillo, S., Baena, M. 2000. Material de apoyo a la capacitación en conservación *ex situ* de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. 210 p.
- Kyu-Won, K., Chung, K., Cho, H., Chandrabalan, D., Jae-Gyun, G., Kim, T, Eun G., Yong-Jin, P. 2007. PowerCore: A program applying the advanced M strategy with a heuristic search for establishing core sets. *Bioinformatics* 23 (16):2155-2162.
- Maughan, J., Bonifacio, A., Jellen, E., Stevens, M., Coleman, C., Ricks, M., Mason, S., Jarvis, D., Arduña, B., Fairbanks, D. 2004. A genetic linkage map of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on AFLP, RAPD, and SSR markers. *Theor Appl Genet* 109:1188-1195.
- Ozer, A., Suárez, R., Abadie, T. 2004. Elaboración de una colección núcleo de germoplasma de maíz de la raza blanco dentado. *Agrociencia* Vol. VIII Nro. 1. pp. 1-10.
- PASW. 2009. Predicción de resultados e identificación de relaciones en los datos categóricos. PASW® Categories 18 – Especificaciones. 8 p.
- Rojas, W., Pinto M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. **En:** Vargas, M. (Ed.). *Congreso Científico de la Quinua (Memorias)*. La Paz, Bolivia. pp. 77 - 92.

- Rojas, W., Pinto, M., Soto, J. 2010. Distribución geográfica y variabilidad genética de los granos andinos. **En:** Rojas W., Pinto M., Soto J., Jagger M. y Padulosi S. (Eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia. pp. 11- 23.
- Rojas, W. (Editor). 2008. Manejo, conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de granos altoandinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008. Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.
- Rojas, W., Cayoja, M., Espindola, G. 2001. Catálogo de la colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA-UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.
- Rohlf F. 2000. NTYSYS-pc, Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System, Version 2.10e. Appl. Biostatistics, Inc., New York.
- Schoen, D., Brown, A. 1995. Maximising genetic diversity in core collections of wild relatives of crop species. pp. 55-76. **In:** Core collections of plant genetic resources (T. Hodgkin, A. Brown, Th. van Hintum y E. Morales, eds.). John Wiley and Sons, Reino Unido.
- van Hintum, Th., Brown, A., Spillane, C., Hodgkin, T. 2003 Colecciones núcleo de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico Nro. 3 del IPGRI. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia.
- Zambrano, A., Demey, J., Fuenmayor, F., Segovia, V., Gutiérrez, Z. 2003. Diversidad genética de una colección de yuca a través de marcadores moleculares RAPDS. *Agronomía Trop. Venezuela* 2 (53):155-174.

*Trabajo recibido el 12 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 19 de junio de 2014*

**Editor:**

Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta"  
CIF-UMSS

**Año de publicación:** 2014

Memoria electrónica del Primer Encuentro Internacional de la Tuna para Forraje como una Medida de Adaptación al Cambio Climático en Bolivia. Documento que presenta todos los trabajos expuestos y enviados para la reunión realizada en Cochabamba, en el mes de mayo de 2014. Además de los textos académicos, presenta videos ilustrativos sobre la utilización de la tuna con fines forrajeros. También presenta libros completos de la FAO, SEBRAE e ICARDA, sobre la tuna en especial y las zonas áridas en general. La publicación de la Memoria fue realizada con el apoyo de GIZ PROAGRO y el auspicio del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras y el Vice Ministerio de Desarrollo Rural Agropecuario, a través del Instituto de Innovación Agropecuaria y Forestal.



**Mayor información:**

Centro de Investigación en Forraje "La Violeta"  
www.agr.umss.edu.bo  
Telf. 4316856, Fax 4315706  
(Cochabamba, Bolivia)

# Potenciales usos de la diversidad genética de la quinua en la agroindustria: Oportunidades y desafíos

Wilfredo Rojas; Milton Pinto; Amalia Vargas

*Trabajo financiado por: SINARGEAA; Fundación McKnight; Proyecto UNEP/GEF; Proyecto NUS/IFAD; Fundación PROINPA*

*E mail: w.rojas@proinpa.org*

**Resumen.** La quinua, además de sus beneficios para la nutrición y salud, posee una extraordinaria diversidad genética que se expresa en la variabilidad de colores de la planta, inflorescencia y semilla; estas cualidades la convierten en un cultivo con potencial para producir alimentos de calidad. Desde los años ochenta, la quinua ha experimentado un notable incremento de la demanda y a partir del año 2005, se presenta un verdadero *boom* en los volúmenes de exportación del grano y sus productos derivados. Bolivia es líder a nivel mundial en la producción y exportación de quinua, las empresas y/o asociaciones que operan en el rubro, han volcado sus esfuerzos a la exportación de materia prima, que es lo que actualmente predomina en las ventas al exterior y varias de ellas han iniciado la transformación de productos y derivados a base de quinua. Sin embargo, estos productos transformados son elaborados con materia prima que viene de quinua mezclada (diferentes variedades) y por ello a nivel agroindustrial, no alcanzan la calidad requerida por el mercado. En este marco es importante direccionar las oportunidades que brinda la "diversidad genética de quinua", para la elaboración de productos transformados y de esta forma fortalecer la agroindustria de quinua y la economía del país.

**Palabras clave:** Valor Nutritivo; Valor Agregado; Exportación

**Summary. Potential uses of the genetic diversity of quinoa in agribusiness: Opportunities and Challenges.** In addition to its benefits for nutrition and health, quinoa, has an extraordinary genetic diversity that is expressed in the variability of its plant colors, inflorescence and seed. These qualities make the crop potential to produce quality food. Since the eighties, quinoa has experienced a notable growth in demand, and it is from 2005, when a boom appears in export volumes of this grain and its derived products. Bolivia is the world leader in quinoa production volumes and export, the enterprises and / or associations operating in the area, have turned their efforts to the export of raw matter, which is what currently dominates sales outside, several ones have also begun transforming products and derivatives based on quinoa. However, processed products, are made with raw matter from mixed quinoa (different varieties) and thus, at agri-industrial level, they don't reach the quality required by the market. In this context, it is important to address the opportunities given by the "quinoa genetic diversity" for the preparation of processed products and thus strengthening the quinoa agribusiness and the country economy.

**Keywords:** Nutritional Value; Value Added; Export

## Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas su amplia variabilidad genética y sus propiedades funcionales. Su diversidad conforma un acervo genético extraordinariamente valioso y se expresa en la variabilidad de colores de planta, inflorescencia y semilla, formas de planta, valor nutritivo, performance productivo y ciclo de cultivo. En los últimos veinte años, se ha generado importante información científica que demuestra los efectos beneficiosos de la quinua para la salud, más allá de la nutrición básica (Rojas *et al.* 2010a). Este conocimiento e información que contempla la diversidad genética de quinua, debe ser utilizado para aprovechar aún más las bondades de la quinua en el consumo y particularmente en la industria.

Desde el punto de vista nutricional y alimentario, la quinua es una fuente natural de proteína vegetal de alto valor nutritivo, por la mayor proporción de aminoácidos esenciales, que le confieren un alto valor biológico, superior al trigo, arroz y maíz y comparable solo con la leche, carne y huevo. Como fuente de proteína vegetal, la quinua ayuda al desarrollo y crecimiento del organismo, conserva el calor y la energía del cuerpo, es fácil de digerir y combinada con otros alimentos forma una dieta completa y balanceada, que puede sustituir alimentos de origen animal (Rojas *et al.*, 2010a; Ayala *et al.*, 2004).

En el país, los trabajos de investigación sobre la mejora genética del cultivo de quinua, se iniciaron en la década de los años sesenta, centrándose en la búsqueda de variedades de grano grande, color

blanco y de alto rendimiento, según la demanda de esa época. Desde los años ochenta, por las expectativas generadas por los mercados de exportación, el cultivo se ha expandido notablemente, y las demandas no solo han incluido la quinua blanca, sino también la roja y la negra. Asimismo, los cambios en el clima han generado nuevas demandas, es el caso de la precocidad, para ajustar las siembras al retraso de las lluvias y lograr cosechas dentro del ciclo de cultivo (Vargas *et al.*, 2013).

Las empresas y/o asociaciones tradicionalmente han concentrado sus esfuerzos en la exportación de materia prima, que es lo que predomina actualmente en las ventas al exterior. Sin embargo, en la última década, han iniciado la transformación y exportación de productos y derivados a base de quinua, la dificultad para lograr productos óptimos competitivos en el mercado internacional, es que los productos son elaborados con quinua mezclada (diferentes variedades) y por ello, a nivel agroindustrial, no es posible alcanzar la misma calidad entre uno y otro preparado del producto.

En consideración a lo indicado, es importante estudiar y aprovechar la oportunidad que brinda la diversidad genética, en la elaboración de productos transformados de quinua, usando en su verdadera magnitud el potencial genético, en beneficio de productos agroindustriales de mejor calidad. Es posible identificar, seleccionar y generar variedades con altos contenidos de proteína, con diámetros de gránulo de almidón pequeño para elaborar pipocas y homogéneas, con porcentajes estables de amilosa y amilopectina para la elaboración de flanes, papillas gelatinizadas, cremas instantáneas, fideos, entre otros.

## Diversidad genética agromorfológica, del valor nutritivo y de la aptitud agroindustrial de la quinua

En Bolivia, las primeras iniciativas para implementar una colección de germoplasma de quinua, se remontan a la década de los años sesenta, bajo la iniciativa del Ing. Humberto Gandarillas (Rojas *et al.*, 2010b). En sus orígenes, los esfuerzos se centraron en el registro de información agromorfológica, en 1985 y 2001 se publicó el primer y segundo catálogo de quinua (Espíndola y Saravia, 1985; Rojas *et al.*, 2001).

El catálogo del año 2001, describe la variabilidad genética agromorfológica de 2.701 accesiones de quinua, a través de 59 variables cualitativas y cuantitativas: el documento fue elaborado dentro del periodo de tiempo en que la Fundación PROINPA, estuvo a cargo, en calidad de *custodio de la colección de germoplasma de quinua*, por mandato del Estado Boliviano (Rojas *et al.*, 2010b).

Cuando las quinuas alcanzan la madurez fisiológica, expresan una amplia diversidad de colores de plantas y de granos, entre ellos: blanco, crema, amarillo, anaranjado, rosado, rojo, púrpura, café claro, café y negro. En la colección boliviana se han caracterizado 66 colores de grano y cuatro formas por el aspecto del endosperma, que confieren a la quinua características que se puede explotar adecuadamente para la elaboración de productos transformados.

Con el fin de incrementar el uso en la elaboración de productos transformados a base de quinua, se promovió la interacción con empresas exportadoras de esta especie. Hasta el año 2010 se logró registrar información del valor nutritivo de 555 accesiones y características agroindustriales de 260 accesiones de la *Colección Boliviana de Quinua* (Rojas y Pinto, 2013).

Un resumen de los parámetros estadísticos, estimados para cada característica del valor nutritivo y agroindustrial de quinua, se presenta en el Cuadro 1, los cuales están expresados sobre base seca (Rojas *et al.*, 2007; Rojas *et al.*, 2010a).

**Cuadro 1.** Características de valor nutritivo – agroindustrial y estadísticas simples de accesiones del germoplasma de quinua de Bolivia (n = 555 accesiones)

Componente	Mínimo	Máximo	Media	SD
Proteína (%)	10.21	18.39	14.33	1.69
Grasa (%)	2.05	10.88	6.46	1.05
Fibra (%)	3.46	9.68	7.01	1.19
Ceniza (%)	2.12	5.21	3.63	0.50
Carbohidratos (%)	52.31	72.98	58.96	3.40
Energía (Kcal/100 g)	312.92	401.27	353.36	13.11
Gránulo almidón ( $\mu$ )*	1	28	4.47	3.25
Azúcar invertido (%)*	10	35	16.89	3.69
Agua de empaste (%)*	16	66	28.92	7.34

Análisis realizado por LAYSAA, Cochabamba, Bolivia;

SD: Desviación estándar; \*: n = 266 (Fuente: Rojas, Pinto *et al.*, 2010)

Se observa que las accesiones de quinua muestran una amplia variabilidad para la mayoría de las características estudiadas, lo cual es un indicativo del potencial genético de éste germoplasma.

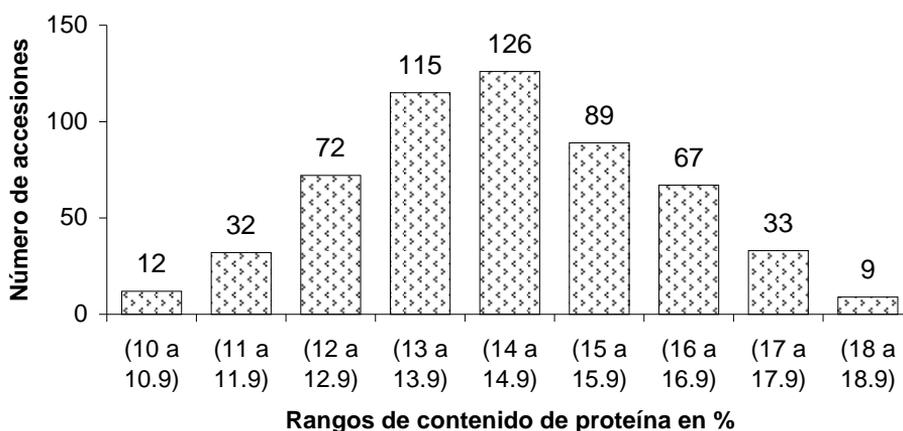
La Figura 1 muestra la distribución de frecuencias de variación, en el contenido de proteína de 555 accesiones de la colección de quinua de Bolivia. Se puede observar que en la mayor cantidad de accesiones, el contenido de proteína varía de 12.0% a 16.9%, mientras que existe un pequeño grupo de accesiones (42) cuyo contenido fluctúa entre 17% a 18.9%. Este último grupo, constituye una fuente importante de genes, para impulsar el desarrollo de productos con altos contenidos de proteína (Rojas *et al.*, 2010a). Esta información ha sido corroborada en otros estudios similares por Reynaga *et al.*, 2013.

El contenido de grasa fluctúa entre 2.05% a 10.88%, con un promedio de 6.39% (Cuadro 1).  $\beta$ o (1991) y Morón (1999) citados por Jacobsen y Sherwood (2002), indican que el contenido de grasa de la quinua tiene un alto valor, debido a su alto porcentaje de ácidos grasos no-saturados. Se espera que estos

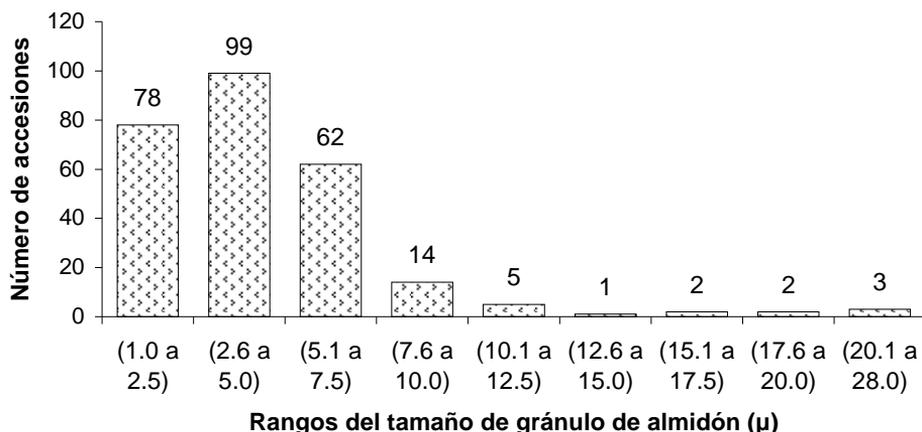
valores sean utilizados en la obtención de aceites vegetales finos, para el uso culinario y cosmético.

La variación genética del *tamaño de gránulo de almidón* fluctuó entre 1  $\mu$  a 28  $\mu$  (Cuadro 1, Figura 2). Es muy importante que el gránulo de almidón sea pequeño, para facilitar el proceso de texturizado y de insuflado, porque los espacios de gránulo a gránulo permiten introducir mayor cantidad de aire para el intercambio y formación de burbujas de aire (Rojas *et al.*, 2007). Esta característica es importante en su orientación agroindustrial, a fin de realizar distintas mezclas con cereales y leguminosas, aprovechando el carácter funcional de la quinua.

El contenido de *azúcares invertidos*, varía de 10% hasta 35% (Cuadro 1). Esta variable expresa la cantidad de azúcar que inicia la fermentación por el desdoblamiento o inversión, vale decir, es el parámetro para determinar la calidad de los carbohidratos, además que es un parámetro importante por el que se puede clasificar a la quinua como alimento apto para diabéticos.



**Figura 1.** Variación del contenido de proteína de 555 accesiones de quinua



**Figura 2.** Variación en el tamaño de gránulo de almidón en 266 accesiones de quinua

El porcentaje óptimo del *contenido de azúcar invertido* es  $\geq$  a 25%. Las accesiones de quinua analizadas del germoplasma cumplen esta condición y tienen aptitudes para ser usadas en mezclas con harinas para procesar panes, cereales, etc.

La variable *porcentaje de agua de empaste*, muestra un rango de variación de 16% a 66% (Cuadro 1). Esta variable mide la capacidad de absorción de agua del almidón, para los procesos de elaboración de pastas, panificación y bollería. El valor ideal para este parámetro, en aplicación industrial, es  $\geq$  a 50%. Considerando esta característica, la variabilidad que presenta la quinua, se constituye en una fuente importante de genes para desarrollar estos productos.

Recientemente la Fundación PROINPA, a través de su programa de mejoramiento de quinua, está priorizando la incorporación de criterios de valor nutritivo y aptitud agroindustrial para el desarrollo de variedades de quinua, buscando al mismo tiempo, que éstas cumplan con parámetros de mercado, productividad y de adaptación al cambio climático.

En el Cuadro 2 se presenta resultados de materiales de quinua que están en proceso de generación de nuevas variedades.

Según el Cuadro 2, la variedad *Kurmi*, tiene 16.11% de proteína. Aplicando el trabajo de selección, a partir de esta variedad, está en proceso de obtención la línea *K-Chullpi*, que incrementó su contenido de proteína a 18.20%, asimismo la línea *K-Chullpi* mejoró su característica de *diámetro de gránulo de almidón*, cuyo valor es de 1.5  $\mu$ , respecto a la variedad *Kurmi* que es de 2.1  $\mu$ , sin embargo ambas tienen excelentes aptitudes para la elaboración de productos expandidos y pipocas.

Por otra parte, el contenido de hierro, se incrementó notablemente en la línea *K-Chullpi*, llegando a 4.8 mg/100, respecto a la variedad *Kurmi* que tiene 1.2 mg/100 g de materia seca, variedades con estas características pueden ser una alternativa para los programas de desnutrición y lactancia materno infantil que está llevando a cabo el Gobierno Boliviano.

**Cuadro 2.** Características agromorfológicas, valor nutritivo y aptitud agroindustrial de variedades y líneas de quinua

Nombre de la variedad / línea	Parámetro medido										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Real Blanca	180	125	650	14.5	3.9	60.3	5.2	23	31	12.2	2.1
J'acha Grano	135	120	1400	14.2	3.8	58.3	3.6	21	19	10.5	2.1
Blanquita	170	110	1500	13.8	4.2	39.2	1.1	19	33	16.6	1.8
Kurmi	155	120	1550	16.1	4.3	61.5	2.1	20	26	15.9	1.2
Aynoka	155	110	1200	13.6	4.3	59.3	2.8	21	21	15.1	4.5
Kosuña	155	100	1000	14.8	4.5	49.3	4.8	15	28	15.9	3.5
Línea K-Chullpi	160	115	1250	18.2	3.1	61.4	1.5	18	21	21.5	4.8
Línea 118 Cf	150	115	1250	16.8	6.1	42.1	2.8	15	31	16.5	2.7

**Referencias:** **1:** Madurez fisiológica (días); **2:** Altura de planta (cm); **3:** Rendimiento de grano (kg/ha); **4:** Proteína (%); **5:** Fibra (%); **6:** Contenido almidón (%); **7:** Gránulo de almidón (%); **8:** Azúcares invertidos (%); **9:** Agua de empaste (%); **10:** Amilosa (%); **11:** Hierro (mg/100)

Fuente: Elaboración propia en base a análisis realizado por LAYSAA en 2012 en Cochabamba.

Por otra parte, la línea *11Cf*, proviene de la variedad *Aynoka*, si bien hay un incremento de su contenido de proteína, de 13.65% a 16.85% y de fibra de 4.25% a 6.10%. El diámetro de gránulo de almidón se mantiene en 2.8  $\mu$ , lo cual significa que de ambas, sus aptitudes son expectables para la elaboración de productos expandidos y pipocas; sin embargo en el contenido de hierro, bajó de 4.5 mg/100 a 2.7 mg/100 g de materia seca. En el caso particular de la variedad Real Blanca, ésta tiene un contenido importante de proteína (14.49%), sin embargo por su valor de 5.2  $\mu$  en el diámetro de gránulo de almidón, no es apta para la elaboración de productos expandidos y pipocas.

### Desafíos y oportunidades

En las líneas estratégicas de investigación del cultivo de la quinua, es trascendental considerar la diversidad genética de la que se dispone en el país, que es la más importante a nivel mundial, y

ofrece un enorme potencial para usarla adecuadamente en diversos campos de aplicación, de lo contrario, se continuará sub utilizándola, tal cual hasta ahora se hace, exportando quinua como materia prima de variedades mezcladas.

Existen 66 colores de grano de quinua, cuyas propiedades antioxidantes para contribuir al desarrollo de productos nutraceuticos, aún no han sido estudiadas. A pesar de la amplia diversidad de formas, tamaños y colores de granos de quinua que se tiene, el consumidor -al momento de comprar el producto en los mercados y ferias- diferencia solo tres colores: quinuas blancas, café y negras.

Es necesario fortalecer el desarrollo de productos agroindustriales, utilizando adecuadamente la diversidad genética de quinua, y de esta forma generar productos de calidad agroindustrial y repetibles entre las diversas preparaciones que realizan las empresas. La base genética disponible en quinua, también

permite al país tomar el liderazgo en el desarrollo y exportación de productos transformados, con calidad estándar.

Es importante tomar en cuenta, que las variedades potenciales para la agroindustria, también cumplan con los parámetros exigibles para la producción y adaptación al cambio climático, que sean de ciclos precoces para adaptar su cultivo a la variabilidad del clima y a las características propias de cada zona de producción del país.

Se requiere de iniciativas que promuevan el uso de semilla de variedades nativas y mejoradas, considerando que se debe cumplir con requisitos de calidad desde la siembra, de tal forma que el proceso productivo mejore, se alcancen volúmenes que la agroindustria demanda, pero principalmente que contribuya a la sostenibilidad del negocio de la quinua en las zonas productoras.

En este desafío, cada actor involucrado en la producción y comercialización de quinua, juega un rol importante. Sin embargo, este rol será mejor apropiado a partir de una estrategia de país, que guíe el accionar del conjunto de actores que están involucrados en el sector quinero.

***Agradecimiento:** El trabajo de la evaluación del valor nutritivo y agroindustrial, fue apoyado económicamente por el Proyecto “Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos”, en el marco del SINARGEAA”, la Fundación McKnight, el Proyecto UNEP/GEF “Conservación In situ de Parientes Silvestres de Cultivos a través del Fortalecimiento del Manejo de Información y su Aplicación en el Campo – Componente Bolivia” y por el Proyecto NUS/IFAD sobre “Especies Olvidadas y Subutilizadas”.*

## Referencias citadas

- Ayala, G., Ortega, L., Morón, C. 2004. Valor nutritivo y usos de la quinua. **En:** A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y J. Marathee (Eds.). Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO-UNA-CIP. Santiago, Chile. pp. 215-253.
- CEDLA. 2013. Cultivo de la quinua y producción capitalista en las comunidades del Altiplano Sur de Bolivia. Boletín de Seguimiento a Políticas Públicas Año X – N° 22. Centro de Estudios para el Desarrollo Laborar y Agrario (CEDLA). Julio 2013. La Paz, Bolivia.
- Espíndola, G., Saravia, R. 1985. Catálogo de quinua del banco de germoplasma en la Estación Experimental de Patacamaya. La Paz, Bolivia, MACA-IBTA pp. 2-11.
- Jacobsen, S., Sherwood, S. 2002. Cultivo de Granos Andinos en Ecuador. Informe sobre los rubros quinua, chocho y amaranto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Centro Internacional de la Papa (CIP) y Catholic Relief Services (CRS). Quito, Ecuador. 89 p
- Reynaga, A., Quispe, M., Calderón, I. Huarachi, A., Soto, J. 2013. Caracterización físico - química y nutricional de los 13 ecotipos de quinua real (*Chenopodium quinoa* Willd.) del altiplano sur de Bolivia con fines agroindustriales y exportación. pp. 517-524. **En:** Memoria Congreso Científico de la Quinua. 14 y 15 de junio de 2013. Vargas, M. (Ed.). MDRyT, VDRA, INIAF, IICA. La Paz, Bolivia. 682 p.

Rojas, W., Cayoja, M., Espíndola, G. 2001. Catálogo de colección de quinua conservada en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. Fundación PROINPA, MAGDER, PPD-PNUD, SIBTA, UCEPSA, IPGRI, IFAD. La Paz, Bolivia. 129 p.

Rojas, W., Pinto, M., Alcocer, E. 2007. Diversidad genética del valor nutritivo y agroindustrial del germoplasma de quinua. Revista de Agricultura. Año 59 41:33-37. Cochabamba, Bolivia.

Rojas, W., Pinto, M., Soto, J., Alcocer, E. 2010a. Valor nutricional, agroindustrial y funcional de los granos andinos. **En:** W. Rojas, M. Pinto, J. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (Eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. pp. 151-164.

Rojas, W., Pinto, M., Bonifacio, A., Gandarillas, A. 2010b. Banco de germoplasma de granos andinos. **En:** W. Rojas, M. Pinto, J. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (Eds.). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersity International, Roma, Italia. pp. 24-38.

Rojas, W., Pinto, M. 2013. La diversidad genética de quinua de Bolivia. **En:** Vargas, M. (Editor). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp. 77-92.

Vargas, A., Bonifacio, A., Rojas, W. 2013. Mejoramiento para calidad industrial de la quinua. **En:** Vargas, M. (Editor). Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 497-507.

*Trabajo recibido el 12 de junio de 2014 - Trabajo aceptado el 19 de junio de 2014*

## SEMILLA DE QUINUA

La Fundación PROINPA pone a su disposición una amplia gama de variedades de semilla de quinua certificada con pureza varietal superior a 95% y con alto poder germinativo que facilita la obtención de mejores rendimientos en el cultivo.

**PROPIEDADES:** La oferta de semilla de quinua tiene los siguientes atributos:

- Variedades mejoradas
- Precocidad (120 días)
- Grano de colores: blanca real, grano rojo y grano negro
- Tamaño del grano
- Calidad harinera

### VARIEDADES

Se dispone de semilla para diferentes fines comerciales (harinas, grano de color, grano tamaño real, etc) en las siguientes variedades:

- Maniqueña
- Kariquimeña
- Kanchis Blanco
- Kurmi
- Rosa Blanca
- Toledo Rojo
- Amarillo Real
- Jacha Grano
- Puñete
- Moq'o

### CONTACTOS

**Fundación PROINPA:** Av. E. Meneces s/n Km 4 zona El Paso – Cochabamba  
Telf.: (591-4) 4319595 int 144 Cel: 71709688

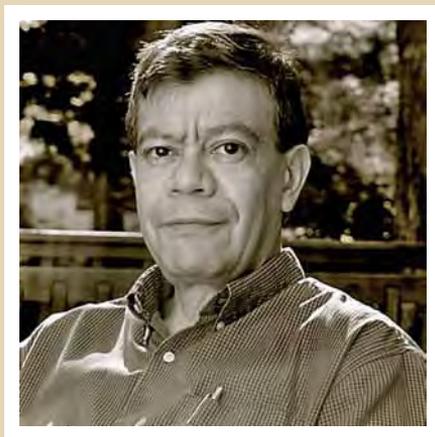
**Oficina Oruro:** C. Rodríguez # 340  
Teléfono/Fax: (591-2) 5284490



## Abreviaciones y siglas utilizadas en el presente número de la Revista de Agricultura:

ADN	Ácido desoxirribonucleico
ADNr	Ácido desoxirribonucleico ribosómico
AIA	Ácido Indol Acético
ANAPQUI	Asociación Nacional de Productores de Quinua
APQUISA	Asociación de Productores de Quinua de Salinas
ARN	Ácido ribonucleico
BYU	<i>Brigham Young University</i>
CABOLQUI	Cámara Boliviana de Exportadores de Quinua y Productos Orgánicos
CG	Cromatografía de Gas
DANIDA	<i>Danish International Development Agency</i>
EAG	Electroantenografía
EM	Espectrometría de Masas
FDTA	Fundación para el Desarrollo Tecnológico y Agropecuario
FOB	<i>Free On Board</i> (Libre a Bordo)
FONTAGRO	Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria
H	Heterocigosidad
IBCE	Instituto Boliviano de Comercio Exterior
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria
IDEPRO	Instituto para el Desarrollo de la Pequeña Unidad Productiva
INE	Instituto Nacional de Estadística (Bolivia)
MIP	Manejo Integrado de Plagas
PCR	<i>Polymerase Chain Reaction</i> (Reacción en Cadena de la Polimerasa)
PIC	Contenido de Información Polimórfica
PROINPA	Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos
SD	Desviación estándar
SINARGEAA	Sistema Nacional de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura
SINDAN	Sociedad Industrial de Alimentos Naturales y Orgánicos
sp	Especie
spp	Especies
ssp	Sub especie
SSR	Simple Sequence Repeats
TSA	Tripticasa de Soya
TSB	Caldo Tripticasa de Soya
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés
USD	Dólar estadounidense
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
VDRMT	Viceministerio de Desarrollo Rural y Tierras

## RECONOCIMIENTO AL DR. CARLOS PEREZ



El Dr. Carlos Pérez, nacido en La Paz, de formación Sociólogo de la *State University of New York College* en Oneonta y con un Doctorado en Antropología de la *State University of New York at Binghamton*, tiene una larga y fructífera carrera como investigador dentro y fuera de Bolivia.

En los últimos seis años ha trabajado para la Fundación McKnight, entidad que invierte y promueve la innovación tecnológica en la zona andina y en otras partes del Mundo. A lo largo de su productiva carrera, el Dr. Pérez ha demostrado que tiene una particular sensibilidad y compromiso con las culturas ancestrales bolivianas, el altiplano y la quinua.

Su sensibilidad hacia la cosmovisión y hacia las demandas y necesidades de las familias de pequeños productores en la zona andina, ha sido su sello de identidad y motivación de trabajo en todos sus años de vida profesional.

Como pocos profesionales que trabajan en entidades que financian el desarrollo tecnológico, su primera preocupación es fortalecer y mejorar la eficiencia y competitividad de los investigadores y de las instituciones de investigación.

Como responsable del seguimiento de proyectos financiados por la Fundación McKnight,

entiende que el contexto es cambiante, que los proyectos deben estar en permanente reflexión, ajustando y corrigiendo lo planificado, velando que los beneficios lleguen de la manera más rápida y efectiva a los grupos meta.

El Dr. Pérez es un profesional que combina la visión estratégica con el pragmatismo de su aplicación, tiene la habilidad de lograr el equilibrio entre la ambición de alcanzar metas tomando en cuenta las limitaciones de la realidad. Es un permanente estudioso de la quinua, convencido que es uno de los mayores legados de las culturas bolivianas, que ahora permite sacar de la pobreza a miles de familias, y al mismo tiempo un convencido de que es factible lograr un sistema de producción sostenible. Su visión y enfoque sobre las problemáticas globales como el cambio climático, son una inspiración para investigadores, técnicos y productores.

Es un convencido de que un factor clave del éxito es la complementación de capacidades y esfuerzos, desde los productores, los investigadores, los comercializadores y los exportadores, incluyendo a los empresarios.

Finalmente, su calidad como persona es invaluable, tiene la sabiduría y el don para motivar, generar pasión y compromiso con el desarrollo y así lograr mejores condiciones para los más pobres, con sus acciones él demuestra que está al servicio de la gente.

Con estas líneas, rendimos un homenaje y reconocimiento a su importante contribución en bien de las familias que viven en las áreas rurales de Bolivia, Perú, Ecuador y muchos otros lugares donde la energía positiva de Carlos cambió actitudes y prácticas, beneficiando la vida y oportunidades de miles de seres humanos.

Cochabamba, julio de 2014

La *Revista de Agricultura* es un espacio de comunicación nacional, que brinda al lector información y conocimiento sobre la realidad boliviana y los avances en las áreas agrícolas, pecuarias, forestales y veterinarias.



## Universidad Mayor de San Simón

[www.umss.edu.bo](http://www.umss.edu.bo)



## Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas" (FCAyP - UMSS) Instituto de Investigaciones

Telf.: 4762384. Fax: 4234123 – Casilla 4894  
[www.agr.umss.edu.bo](http://www.agr.umss.edu.bo)



## Centro de Investigación en Forrajes "La Violeta" (CIF-UMSS)

Telf.: 4316856. Fax: 4315706  
[www.agr.umss.edu.bo](http://www.agr.umss.edu.bo)



## Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA)

Telf. 4319595. Fax: 4319600 - Casilla 4285  
[www.proinpa.org](http://www.proinpa.org)

El presente número de la Revista de Agricultura cuenta con el apoyo y financiamiento de DANIDA y la Fundación McKnight



Collaborative Crop Research Program

THE MCKNIGHT FOUNDATION

La REVISTA DE AGRICULTURA en internet:

[www.agr.umss.edu.bo](http://www.agr.umss.edu.bo)

[www.sefosam.com/rv/index.html](http://www.sefosam.com/rv/index.html)