

# REVISTA DE AGRICULTURA

CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES  
NÚMERO ESPECIAL DEDICADO A LA FUNDACIÓN PROINPA  
EN EL MARCO DE TRABAJO CON TARWI EN BOLIVIA

## Contenido

Biodiversidad y domesticación del *Lupinus*. *Ximena Cadima*; *Antonio Gandarillas* (pp. 3-9)

Adaptación y perspectivas de aprovechamiento del lupino silvestre en sistemas de producción del altiplano. *Alejandro Bonifacio*; *Genaro Aroni*; *Milton Villca* (pp. 10-18)

¿Por qué el tarwi es un súper alimento? *Antonio Gandarillas*; *Samantha Cabrera*; *Jimena Irigoyen* (pp. 19-25)

Transformación del tarwi: De la carretilla al supermercado. *Samantha Cabrera*; *Antonio Gandarillas* (pp. 26-30)

El tarwi: Un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia. *Antonio Gandarillas*; *Juan Vallejos*; *Pablo Mamani* (pp. 31-39)

Densidad de siembra y aporque para mejorar la productividad del cultivo de tarwi en la región andina semiárida de Cochabamba. *Pablo Mamani*; *Juan José Calisaya*; *Juan Vallejos* (pp. 40-50)

Respuesta del tarwi a la inoculación con cepas de rizobias aisladas de plantas silvestres y cultivadas de *Lupinus* a nivel de invernadero. *Omar Mollinedo*; *Marlene Angulo*; *Noel Ortuño* (pp. 51-61)

Enfermedades que afectan al cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia. *Giovanna Plata*; *Antonio Gandarillas* (pp. 62-72)

Las plagas del tarwi y su manejo. *Luis Crespo*; *Alejandro Bonifacio*; *Reinaldo Quispe*; *Antonio Gandarillas* (pp. 73-82)

Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el sistema de cultivos y la recuperación de suelos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. *Pablo Mamani*; *Juan José Calisaya* (pp. 83-92)

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras leguminosas como alternativas para recuperar los suelos y mejorar el sistema de rotación de cultivos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. *Pablo Mamani*; *Juan José Calisaya* (pp. 93-104)

Mejora genética del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Bolivia. *Julio Gabriel*; *Juan Vallejos*; *Pablo Mamani*; *Ada Angulo* (pp. 105-113)

Herramientas metodológicas para analizar la incorporación de nuevos cultivos en sistemas sociales y económicos de alta vulnerabilidad. *Rolando Oros*; *Maura Lazarte*; *Andrea Alemán* (pp. 114-125)



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).

LA REVISTA DE AGRICULTURA  
ESTÁ INDEXADA EN LATINDEX  
A PARTIR DEL AÑO 2016



**Foto de la portada:**

*Chuchusmuti, la forma tradicional de consumo del tarwi en Bolivia.*

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

Ing. Agr. Mgr. Roger Fuentes  
Ing. Agr. PhD. Alberto Centellas  
Ing. Agr. Ruddy Meneses  
Ing. Agr. PhD. Julio Gabriel

**Comité Revisor PROINPA:**

Ing. Agr. PhD. Antonio Gandarillas  
MSc. Samantha Cabrera  
Ing. Agr. PhD. Ximena Cadima

**Coordinador de Producción:**

Ing. Agr. MSc. Hernán Campos

**Traducciones:**

Ana María Cortez

**Pre diagramación:**

Ruddy Meneses

**Impresión**

Impresiones Poligraf

**Tiraje:**

500 copias

## PRESENTACIÓN

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), también llamado altramuz, chocho, lupino, es la única leguminosa de grano comestible originaria de las zonas andinas de Bolivia, Perú, Ecuador, Chile y Argentina. Su cultivo data de tiempos precolombinos; se ha encontrado evidencias de su uso en las culturas Tiahuanacota, Nazca e Inca.

En países como el Ecuador y Perú se consume de variadas formas. En Bolivia su consumo es relativamente escaso, mayormente como “mote”, en nuestro medio más conocido como *chuchusmuti*. Otros usos de este cultivo son como harina para repostería; los alcaloides que contiene se utilizan para control de ectoparásitos y parásitos intestinales en animales, la parte vegetal como abono verde, los tallos secos como leña y las flores tienen valor ornamental. Su valor alimenticio es muy importante ya que se ha encontrado que su contenido proteico es superior al de la soya y tiene menor cantidad de carbohidratos. Es recomendado como alimento complementario en la dieta de pacientes diabéticos. Conociendo sus potenciales, se han hecho intentos de mejorar su consumo y al mismo tiempo de incrementar su área de cultivo, ya que normalmente es un cultivo marginal. Se están haciendo esfuerzos por diversificar su consumo en diferentes platos e inclusive se ha producido enlatados.

La Fundación PROINPA, como institución de investigación y promoción de cultivos andinos, ha realizado varios trabajos que se presentan ahora en este número especial de la Revista de Agricultura, con la intención de difundir los conocimientos alcanzados, con el propósito que consumidores y productores aprovechen mejor los beneficios de un cultivo que es legado de nuestros antepasados.

**Roger Fuentes Cadima**

*Presidente del Comité Editor  
de la 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 “M. 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

Día a día, la demanda de alimentos que no engordan, tiene una tendencia creciente. El consumidor busca alimentos que sean ricos en proteína, con aceites de buena calidad, alto contenido de fibra dietética, libre de gluten, fáciles de comer como snack y versátiles en la cocina. Estas nuevas tendencias de la alimentación en el Mundo y en Bolivia, abren una gran oportunidad a un cultivo andino postergado, el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet).

La Fundación PROINPA tomó la iniciativa de desarrollar tecnología para mejorar la producción del tarwi en campos de agricultores. Por otra parte, ha promovido, junto con la empresa PANASERI SRL, la implementación de facilidades para su industrialización. También se ha hecho el esfuerzo de involucrar en trabajos con tarwi a varios actores, tales como supermercados, restaurantes, nutricionistas, industrias, entidades públicas, médicos, chefs, etc.

En este número especial de la Revista de Agricultura, se plasman trabajos promovidos por PROINPA, desde hace ya varios años, que se espera sean un aporte para mayores inversiones en tecnología, promoción y consumo del tarwi en nuestro país.

Se debe agradecer sinceramente el asesoramiento que se ha recibido de Colegas del *INIAP de Ecuador*: Eduardo Peralta y Elena Villacrés; del *INIA de Chile*: Mario Mera y de *Semillas Baer*: Erick von Baer y Ricardo Anriques.

Todo lo avanzado, no hubiese sido posible, sin la participación activa y financiamiento de varios actores, tal es el caso de la *Fundación McKnight* y *Fontagro*, para temas de desarrollo de tecnología; el *PSI de Holanda* y el *Fondo de Innovación de Dinamarca*, para aspectos relacionados con el desarrollo industrial, *Latincrop* de Dinamarca, para la incursión en mercados y principalmente gracias al invaluable apoyo y esfuerzo de *Agricultores Investigadores* de Anzaldo y Colomi, en Cochabamba, comprometidos con este noble cultivo, el tarwi.

Antonio Gandarillas Antezana  
Gerente General  
Fundación PROINPA

The logo consists of the Roman numeral 'XV' in a stylized, outlined font.

# CONGRESO INTERNACIONAL DE TARWI 2019

*DESARROLLO DEL LUPINO,  
UNA FUENTE MODERNA Y SOSTENIBLE PARA LA ALIMENTACIÓN*

**18 al 21 de marzo de 2019**

Cochabamba - Bolivia

- 
- The background of the entire page is a photograph of a lush field of purple lupine flowers. The flowers are in various stages of bloom, with some showing yellow centers. The field extends to the horizon under a bright sky, with green hills visible in the distance.
1. Genética, genómica y mejoramiento molecular.
  2. Agronomía, cultivos, taxonomía, biodiversidad y agroecología.
  3. Bioquímica y biotecnología proteínica y metabólica.
  4. Fisiología y protección.
  5. Usos alimentarios y no alimentarios.
  6. Beneficios para la salud.

Contactos e informes: [ilc2019@proinpa.org](mailto:ilc2019@proinpa.org) • [www.internationallupinconference.org](http://www.internationallupinconference.org)

# Biodiversidad y domesticación del *Lupinus*

Ximena Cadima; Antonio Gandarillas

Fundación PROINPA

E mail: x.cadima@proinpa.org

**Resumen.** La diversidad del género *Lupinus* se encuentra distribuida en dos grandes regiones: Mediterráneo-Africano (hemisferio Oriental) y Americano (hemisferio Occidental); es en este último donde se halla la mayor diversidad, aunque el número de especies aún no está definido. La domesticación de los lupinos se dio paralelamente en los dos hemisferios hace más de cuatro mil años. Son cuatro *Lupinus* los domesticados: *L. albus* L., *L. angustifolius* L. y *L. luteus* L., provenientes de la región Mediterráneo-Africana; y *L. mutabilis* Sweet de los Andes Sudamericanos. En su forma original, todos los *Lupinus* contienen alcaloides, pero gracias a la domesticación moderna, desde la década de 1920, investigadores de Europa lograron bajar el contenido de alcaloides del grano, obteniendo variedades "dulces" de *L. albus*., *L. angustifolius* y *L. luteus*. En cambio, *L. mutabilis*, continúa siendo una especie semi domesticada, ya que todos los materiales cultivados por agricultores andinos, son amargos, aunque experimentalmente ya existen materiales "dulces" de *L. mutabilis*. Los lupinos, a nivel global, se usan principalmente para alimentar animales y sólo un 4% de la producción total, se destina a la alimentación humana.

**Palabras clave:** Diversidad genética; Leguminosas; Nutrición; Germoplasma

**Summary. Biodiversity and *Lupinus* domestication.** The diversity of the *Lupinus* genus is distributed in two large regions: Mediterranean-African (Eastern Hemisphere) and American (Western Hemisphere); it is in the latter one where the greatest diversity is found, although the number of species is not yet defined. Since more than four thousand years ago, the lupines domestication occurred in parallel in the two hemispheres. There are four domesticated *Lupinus*: *L. albus* L., *L. angustifolius* L. and *L. luteus* L. coming from the Mediterranean-African region; and *L. mutabilis* Sweet from the South American Andes. In its original form, all *Lupinus* contain alkaloids, but thanks to modern domestication, since the 1920's, European researchers managed to lower the alkaloid content of the grain, obtaining "sweet" varieties of *L. albus*, *L. angustifolius* and *L. luteus*. In contrast, *L. mutabilis*, remains as a semi-domesticated species, because all the materials cultivated by Andean farmers are bitter, although experimentally, there are already "sweet" materials of *L. mutabilis*. The lupines are used mainly to feed animals and only 4% of the total production is used for human consumption, globally.

**Keywords:** Genetic diversity; Legumes; Nutrition; Germplasm

## Diversidad y distribución

*Lupinus* es un género muy grande y diverso en la familia de las leguminosas (Fabaceae). El número de especies en este género no está bien definido; según

literatura fluctúa entre 100200 hasta 800-1000 y aún más (Kurlovich *et al.* 2002), pero al presente, el número de especies aceptadas y registradas para el género *Lupinus* -en el portal del *Sistema Integrado de Información Taxonómica*- es de 354.

Los lupinos silvestres se concentran en dos grandes regiones: Mediterráneo-Africano (hemisferio Oriental) y Americano (hemisferio Occidental), con sólo 12 especies en la región mediterránea y África (Kurlovich *et al.* 2002).

En el hemisferio Occidental, los lupinos se distribuyen desde el nivel del mar hasta 4800 msnm o más, y se extienden desde la isla de Tierra del Fuego hasta Alaska, y desde el Pacífico hasta el Océano Atlántico (Mapa 1).

Las formas de lupino americano son algo menos especializadas que las mediterráneas. Se caracterizan por un tipo de ramificación monopodial más primitivo (Figura 1) y por el hábito de polinización cruzada. Sus plantas son heterocigotas y generan fácilmente todas las mutaciones posibles. Sus semillas son pequeñas.

Las formas de lupino mediterráneo son más especializadas, tienen un tipo de ramificación más avanzado (simpodial) (Figura 1); la autopolinización es dominante y sus semillas son más grandes (Kurlovich 2013).

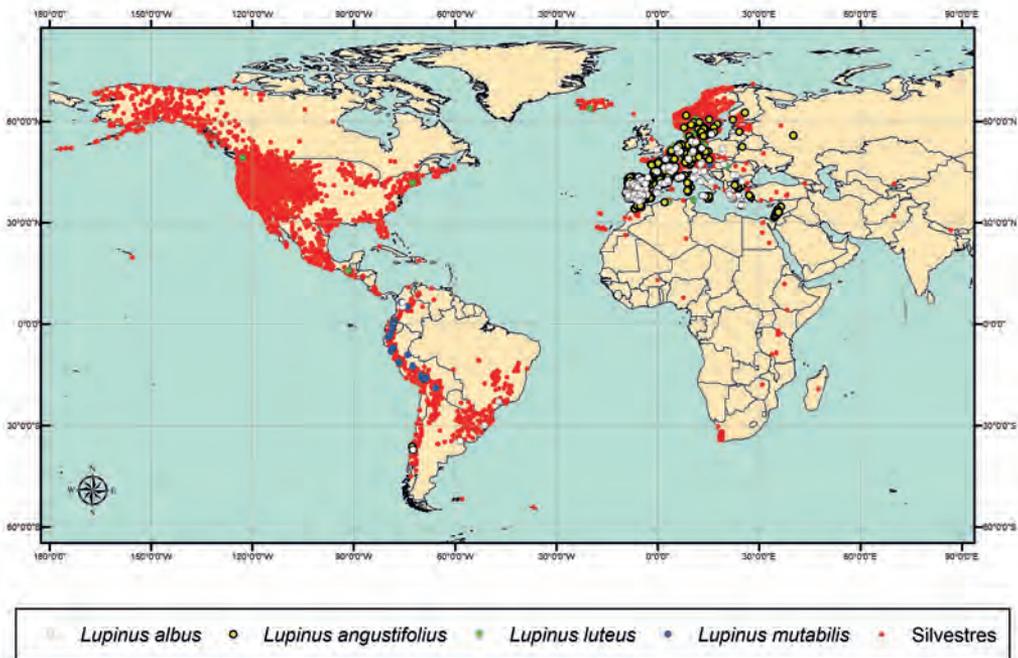
Los estudios en especies silvestres se concentraron inicialmente en la región Mediterránea-Africana y las especies del hemisferio Norte, del continente americano (Kurlovich *et al.* 2002).

Las especies sudamericanas fueron especialmente abordadas por Planchuelo en la década de 1980 y 1990 (Planchuelo 1984, 1994, 1998). Estos estudios estuvieron dirigidos sobre todo a dilucidar la complejidad taxonómica del género *Lupinus*, sin embargo el análisis taxonómico de las especies americanas, está lejos de ser completo.

En Bolivia, Bonifacio *et al.* (2018), empezaron estudios en especies silvestres de *Lupinus* del altiplano, pero más que un análisis taxonómico, estos trabajos estuvieron dirigidos a encontrar materiales genéticos útiles, adaptados a la aridez de los suelos de esta región y a elevaciones altitudinales de 3500 a 4500 msnm, en función a ser aprovechados en los sistemas de producción centrados en quinua, ya sea como cobertura y/o descanso mejorado del suelo o rotación del cultivo.



**Figura 1.** Tipo de ramificación de los lupinos americanos: monopodial (izquierda) y los mediterráneos: simpodial (derecha)



Fuente de datos: GBIF.org (27th June 2018) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/10.gyfpe>  
Elaborado por: Jose F. Patiño Rojas

**Mapa 1.** Distribución de los *Lupinus* en el hemisferio Oriental y Occidental

Fuente: Elaborado por Fernando Patiño (PROINPA) en ArcMap 10.4.1 ® con datos extraídos de GBIF.org (27 Junio 2018) GBIF Occurrence Download (<https://doi.org/10.15468/dl.mgyfpe>)

## Domesticación

Dos condiciones son esenciales para la formación de los centros de origen de plantas cultivadas de Vavilov (1992):

- i) La existencia de plantas propicias para iniciar su cultivo.
- ii) La presencia de una civilización agrícola antigua.

Ambas condiciones se encuentran para el lupino en la región Mediterráneo - Africana y en los Andes de Sudamérica, por eso los lupinos fueron domesticados paralelamente en ambos lugares, y su historia data de hace más de cuatro mil años.

Las especies de la región Mediterráneo - Africana que fueron domesticadas, son:

*Lupinus albus* L. (lupino blanco)

*Lupinus angustifolius* L.  
(lupino de hojas estrechas)

*Lupinus luteus* L. (lupino amarillo)

La única especie del continente americano que fue domesticada es:

*Lupinus mutabilis* Sweet (tarwi)

La historia de la domesticación del *Lupinus* se resume en las líneas siguientes (Australian Government 2013):

- *2000 años AC*: Domesticación primaria de *Lupinus albus* L. en la antigua Grecia y Egipto. Producían grano para consumo humano y animal, así como también para uso cosmético y medicinal.
- *1000-800 años AC*: Uso de *L. albus* como abono verde en la antigua Roma y después en otros países del Mediterráneo.
- *700-600 años AC*: Domesticación primaria de *L. mutabilis* en los Andes del continente americano.
- *En los años de 1860*: Domesticación de *L. angustifolius* y *L. luteus* para uso como abono verde en los países bálticos y después en Alemania.
- *1927 a 1928*: Métodos para seleccionar lupinos mutantes de bajo contenido de alcaloides, desarrollados en Alemania.
- *1930 a 1970*: Variedades dulces de *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus* son desarrolladas en Alemania, Suecia y Rusia.
- *1980 a 1990*: Inicio de domesticación de otras especies potencialmente útiles como *L. cosentinii*, *L. atlanticus*, *L. pilosus* y *L. polyphyllus* en Australia y Rusia.

En su forma original, todas las especies de lupinos, contienen alcaloides que son sustancias tóxicas que otorgan sabor amargo al grano y a las partes verdes de las plantas (Mera 2016).

Estos alcaloides impiden utilizar los lupinos en la alimentación humana y animal, sin un previo tratamiento, por eso, su uso siempre fue limitado desde la antigüedad.

De esta forma, la búsqueda de lupinos sin alcaloides, fue el foco de la domesticación moderna desde fines de la década de

los años 1920, logrando obtener variedades con niveles inocuos de alcaloides en el grano (Australian Government 2013).

En contraste, la domesticación del lupino andino fue limitadamente abordado, y se puede decir que aún es una especie semi domesticada, porque los materiales genéticos que tradicionalmente cultivan los agricultores de los Andes, son todavía amargos.

Chile es el único país en Sudamérica que ha reportado variedades mejoradas dulces, obtenidas localmente de *L. albus* y *L. mutabilis* (von Baer y von Baer 1988, Mera 2016), aunque en ese país se cultivan variedades importadas también dulces de *L. angustifolius* y *L. luteus*, y otras amargas de *L. albus*. De *L. mutabilis* Sweet, hay solo siembras experimentales (Mera 2016).

## Usos de los lupinos

Las variedades modernas de *L. albus*, *L. angustifolius* y *L. luteus*, actualmente están incluidas en la agricultura en muchos países.

Así, Australia, Europa y Japón utilizan los granos de lupinos para la alimentación de ganado vacuno, ovejas, cerdos, pollos e incluso peces, es el caso de *L. albus* que es muy importante para la alimentación de salmones en Chile (Mera 2016).

*L. mutabilis* es utilizado ancestralmente para el consumo humano en Ecuador, Perú y Bolivia (Cowling *et al* 1998).

Australia es el mayor productor y proveedor de lupino en el mundo, con más de 430 mil toneladas exportadas anualmente (Australian Government 2013).

Aunque los lupinos tienen una larga historia de consumo por humanos en los países del Mediterráneo y los Andes, a nivel global, menos del 4% de la producción total es utilizada para consumo humano.

## Breve descripción de los lupinos domesticados cultivados

### *Lupinus albus* L. (lupino blanco)



Las plantas de lupino blanco se caracterizan por ser vigorosas y de mayor altura que las otras especies cultivadas. Las variedades modernas de lupino dulce alcanzan entre 0,8 y 1,2 m de altura. Las plantas de lupino amargo son más robustas que las de lupino dulce y alcanzan alrededor de 1,5 a 1,8 m de altura.

Las flores son generalmente blancas, con tintes rosados o azulados. Las hojas compuestas por folíolos (5-11) oblongos y obovados. El grano se caracteriza por ser aplastado y cuadrangular, de color blanco crema (Kurlovich 2013, Mera 2016).

### *Lupinus angustifolius* L. (lupino de hojas estrechas)



El nombre común para esta especie era “lupino azul” por el color más generalizado de su flor. Sin embargo, en Australia se introdujo el gen de flor blanca para diferenciarlas del *L. angustifolius* amargo.

Las flores de las variedades modernas son blancas, con leve pigmentación azulina o rosácea, aunque en Chile obtuvieron una variedad dulce de *L. angustifolius* con flor azul (Mera 2016).

Las plantas alcanzan alturas de 60 cm a 80 cm, sus tallos son más delgados que el *L. albus*. Las hojas se desarrollan a partir de 5 a 9 folíolos lineales, lanceolados o angostos lineales.

El grano es relativamente oval; la mayoría de las variedades tiene grano moteado, que varía de leve a intenso.

Esta especie tiene un ciclo de vida más corto que el lupino blanco (Kurlovich 2013, Mera 2016).

***Lupinus luteus* L.**  
(lupino amarillo)



Las plantas de lupino amarillo usualmente alcanzan alturas de 50 cm a 60 cm. Las flores son amarillas, distinguiéndose tipos de amarillo intenso y amarillo pálido.

Las plantas son arrosetadas al principio y posteriormente se vuelven erectas. La hoja consiste de 7-9 (11) folíolos ovados-oblongos o lanceolados.

El grano es ovalado y ligeramente aplastado; comúnmente presenta ornamentación con puntos pigmentados de intensidad leve a intensa, pero puede ser blanco crema.

El ciclo de vida es similar al de *L. angustifolius* (Kurlovich 2013, Mera 2016).

***Lupinus mutabilis* Sweet**  
(lupino andino o tarwi)



El tarwi se distingue por sus coloridas flores; el tipo más común es azul, con estandarte amarillo y blanco en su parte central. También hay tonos rosados y de flor blanca.

Las hojas son compuestas, de ocho folíolos, que varían entre ovalados a lanceolados. El grano puede ser blanco, café, negro, con manchas o moteado o sin ornamentación.

La altura de la planta está determinada por el eje principal, que varía entre 0,5 m a 2,0 m.

El tallo del tarwi, generalmente, es muy leñoso (Mera 2016, Gross 1982).

## Referencias citadas

- Australian Government. 2013. The biology of *Lupinus* L. (lupin or lupine). Department of Health, Office of the Gene Technology Regulator. 64 p. *En línea*. Disponible en: [www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/\\$FILE/biologylupin2013-2.pdf](http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/biologylupin2013-toc/$FILE/biologylupin2013-2.pdf) Consultado en junio de 2018.
- Bonifacio A., Aroni G., Villca M. 2018. Adaptación y perspectivas de aprovechamiento del lupino silvestre en sistemas de producción del altiplano. *Revista de Agricultura* Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Cowling W., Buirchell B., Tapia M. 1998. Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gaterslebe/International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
- Gross R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi. Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal. Nro. 36. Roma, Italia.
- Kurlovich B. 2013. Evolution of LUPINS and Continental Drift. *En línea*. Disponible en: <https://sites.google.com/site/biodiversityoflupins/11> Consultado en junio de 2018.
- Kurlovich B., Stankevich A., Stepanova S. 2002. The review of the genus *Lupinus*. Chapter 2. *In*: Kurlovich B. (ed.) Lupins (geography, classification, genetic resources and breeding). International North Express. St. Petersburg. Russia / Pellosniemi / Finland. pp. 11-38.
- Mera M. (ed). 2016. Lupino dulce y amargo. Producción en Chile. Boletín INIA Nro. 326. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Temuco, Chile. 121 p.
- Planchuelo A. 1984. Taxonomic studies of *Lupinus* in South America. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Lupin Conference. La Rochelle, France. pp. 40-54.
- Planchuelo A. 1994. Wild lupins distribution and its implication as germplasm resources. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Lupin Conference. Evora, Portugal. pp. 65-69.
- Planchuelo A. 1998. Biodiversity of lupins in South America. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Lupin Conference. Pacific Grove, USA.
- Sistema Integrado de Información Taxonómica. *En línea*. Disponible en: <https://www.itis.gov> Consultado en junio de 2018.
- Vavilov N. 1992. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. England. 498 p.
- von Baer E., von Baer D. 1988. *Lupinus mutabilis*: Cultivation and breeding. pp. 237-247. *In*: Proceeding of the Fifth International Lupin Conference. T. Twardowski (ed.). PWRiL. Poznan, Poland.

*Trabajo recibido el 2 de julio de 2018 - Trabajo aprobado el 26 de julio de 2018*

# Adaptación y perspectivas de aprovechamiento del lupino silvestre en sistemas de producción del altiplano

Alejandro Bonifacio; Genaro Aroni; Milton Villca

Fundación PROINPA

E mail: a.bonifacio@proinpa.org

**Resumen.** El altiplano y zonas de montaña de Bolivia, albergan especies vegetales adaptadas a la aridez de sus suelos y elevación altitudinal, que fluctúa entre 3500 a 4500 msnm. Entre ellas, las plantas del género *Lupinus* se destacan por su diversidad de especies o ecotipos, puesto que crecen en diferentes ambientes ecológicos del altiplano donde se desarrolla el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), la qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) y algunas especies de papa. Los lupinos silvestres se conocen con los nombres nativos (en idioma Aymara) de *Q'ila-q'ila* y *Salqa*, entre otros. Tienen la particularidad de desarrollarse en suelos áridos y aún en estaciones fuera de cultivo, por lo que pueden ser aprovechados en los sistemas de producción centrados en quinua, ya sea como cobertura y/o descanso mejorado del suelo o rotación del cultivo. La diversidad genética y la adaptación ecológica de las *Q'ila-q'ilas* no han sido descritas, por lo que en el presente trabajo se proporciona la relación preliminar de especies y ecotipos, con énfasis en su adaptación en las zonas del altiplano.

**Palabras clave:** Germoplasma; Biodiversidad; Manejo agronómico

**Summary. Adaptation and new opportunities for the use of wild lupine in highland production systems.** The Altiplano and the mountain areas of Bolivia, hosts plant species adapted to the aridity of its soils and altitudinal elevation that fluctuates between 3500 to 4500 meters above sea level. Among them, the plants of the genus *Lupinus* stand out for their diversity of species or ecotypes, as they grow in different ecological environments of the highlands where the quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd.), the qañawa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) and some species of potato are developed. Wild lupines are known by the native names (in the Aymara language) of *Q'ila-q'ila*, *Salqa* among others. They have the peculiarity of developing in arid soils and even in out of cropping seasons, for they can be used in production systems centered on quinoa, either as covering and/or improved soil fallow or crop rotation. The genetic diversity and the ecological adaptation of the *Q'ila-q'ilas* have not been described; so in this work the preliminary relation of species and ecotypes is provided, emphasizing their adaptation in the Altiplano zones.

**Keywords:** Germplasm; Biodiversity; Agronomic management

## Introducción

El Altiplano de Bolivia presenta grandes salares y pampas desérticas, con precipitaciones de 100 mm anuales o menos y temperaturas frías, como ocurre en el Altiplano Sur (Anderssen *et al.* 2007)

hasta zonas relativamente benignas como las zonas del Altiplano Central y Norte. En estas zonas, crecen numerosas especies silvestres adaptadas a las condiciones propias del altiplano, con opciones de aprovechamiento en sistemas de producción de esta zona.

Entre ellas se tiene a los lupinos silvestres, arbustos y pastos. Los lupinos silvestres crecen en suelos áridos, ubicados en altitudes entre 3500 y 4500 msnm cuyo ciclo productivo transcurre entre época de cultivo y fuera de cultivo debido a su alta tolerancia a sequías y heladas, por lo que ofrecen opciones alentadoras para su aprovechamiento como abono verde, cobertura del suelo y rotación con quinua.

Los lupinos silvestres del altiplano se conocen con diferentes nombres nativos, tales como *Salqa* que en idioma nativo significa *escape*, *Sarqawi* que quiere decir *en proceso de escape*, *Salqiri* que denota su comportamiento errático o engañoso, *Q'ila-q'ila* o *T'uqu-t'uqu* por la emisión del ruido típico de las vainas explosivas al madurar. Los significados de los nombres nativos, representan la relación de escape del cultivo, que sería el tarwi y el grado de parentesco con el mismo (pariente silvestre), la regeneración errática de las poblaciones de plantas (dormancia de semilla) y el ruido que emiten las vainas al secarse y diseminar la semilla.

La *Q'ila-q'ila* pertenece al género *Lupinus* y la integran diferentes especies. Su taxonomía es compleja y en muchos casos aún no ha sido determinada (Atchinson *et al.* 2016 y Kurlovich 2013). La falta de información está reflejada en Atchinson *et al.* (2016), quienes sostienen que la taxonomía de los lupinos andinos permanece en un estado de caos. Por su parte, Kurlovich (2013), sugiere diferenciar especies, sub especies, variedades, sub variedades e inclusive formas botánicas, según las características morfológicas de la planta. Otra forma de diferenciación consiste en la clasificación eco geográfica o en ecotipos, que se basa en la naturaleza geográfica específica,

histórica y ecológica que no pretende reemplazar la clasificación botánica pero complementa a ésta (Kurlovich, 2013).

Según Jacobsen y Mujica (2006), en los Andes, se encuentran 83 especies de parientes silvestres del tarwi cultivado; Barney (2011) sostiene que en Sud América existen 85 especies. Si bien la taxonomía no está bien definida, se evidencia la amplia diversidad de especies de lupino silvestre y diversidad genética dentro las especies (Bonifacio *et al.* 2014).

Ante la diversidad de especies y su crecimiento espontaneo en las diferentes zonas del altiplano, en este trabajo se asigna el nombre específico cuando fue posible y se nombra como ecotipo mientras se defina la clasificación taxonómica. Además, el ecotipo está estrechamente relacionado a la adaptación a ambientes ecológicos del altiplano, por lo que considerar como ecotipo, puede facilitar el uso de esta especie por parte de los productores como fijadora de nitrógeno, cobertura de suelo, forraje para animales, abono verde y otras funciones ecológicas (hospedera de especies de la entomofauna altiplánica).

La *Q'ila-q'ila* o lupino silvestre, crece en diferentes condiciones ecológicas, siendo su principal zona de adaptación el altiplano y zonas de alta montaña, desde 3680 msnm (planicie) hasta 4530 msnm (ladera de cerro). Se trata de especies y ecotipos cuya característica reproductiva y adaptativa son particulares. En general, presenta dormancia de semilla, normalmente de ciclo bianual o al menos bi estacional.

La semilla germina en verano, la planta crece lentamente en otoño e invierno, proporcionando cobertura al suelo y se reproduce al ingresar al otro verano.

Algunas especies son forrajeras en estado verde y, en estado seco, todas son palatables para animales domésticos y silvestres. Por las características mencionadas, la *Q'ila-q'ila* es potencialmente favorable para los sistemas agrícolas y pecuarios del altiplano; lo anterior puede contribuir a la sostenibilidad del sistema de producción en esta zona.

Por todo lo mencionado, la *Q'ila-q'ila* presenta un gran potencial para mejorar los sistemas agrícolas y pecuarios del altiplano, más aun cuando prácticamente no existe otra leguminosa que pueda cultivarse de manera extensiva.

Las especies y ecotipos presentan diferencias en adaptación, en sus aspectos reproductivos y tolerancia a factores ambientales, cuyas características no han sido descritas.

El presente artículo contiene la descripción del tarwi silvestre, en términos de adaptación ecológica y una descripción de sus características con miras a su aprovechamiento comercial en distintas zonas del altiplano.

## Procedimiento

Para conocer las zonas ecológicas donde se adaptan las especies de *Q'ila-q'ila* o lupino silvestre, se ha recorrido las zonas y sitios donde éstas crecen naturalmente. Una vez encontradas las especies y zonas geográficas de interés, se ha descrito las características del suelo, topografía, altitud, régimen probable de precipitación, heladas y sequía.

Con respecto a la planta, se ha identificado mediante el nombre nativo, la localidad donde es endémica y nombre científico cuando fue posible su identificación.

En las plantas de poblaciones naturales, se ha descrito según el hábito de crecimiento, color de la flor, altura de planta, plagas y enfermedades que le afectan, color y tamaño de la semilla y ciclo productivo.

Para verificar el ciclo productivo, se ha identificado plantas madres en los sitios visitados y se han registrado las etapas de su desarrollo y fructificación o su rebrote en casos particulares.

Para conocer los nombres comunes y usos actuales, se ha entrevistado a productores de las zonas visitadas y en algunos casos se ha probado la palatabilidad de plantas (fresco y seco) con grupos de llamas.

## Resultados

El género *Lupinus* se encuentra abundantemente distribuido en el altiplano, encontrándose una diversidad de especies con amplia variación genética en aspectos morfológicos, adaptación, ciclo biológico, susceptibilidad a plagas y enfermedades.

Estas plantas crecen en planicie, pie de monte, cabeceras de valle y cerro. Según la escasa información disponible, se deduce la posibilidad de encontrar una diversidad de especies en todo el Altiplano Boliviano y en la Cordillera de los Andes, siendo reportadas, hasta la fecha, un total de 85 especies (Jacobsen y Mujica 2006; Hugues y Eastwood 2006).

Las *Q'ila q'ilas* o tarwi silvestre, crecen en condiciones variadas del Altiplano Boliviano, siendo su característica común el tener semilla dormante, que naturalmente se supera en tres o cuatro años de intemperización. Por la dormancia de su

semilla, la presencia de poblaciones naturales se hace errática en los sitios visitados. Otra particularidad es su alta y mediana tolerancia a heladas en fase vegetativa, pudiendo mantenerse verde durante todo el invierno, siempre y cuando la raíz haya alcanzado la humedad adecuada a mayores profundidades del suelo. Sin embargo, es susceptible a heladas en fase de floración, envainado y formación de semilla.

En general, las especies o ecotipos de *Lupinus* se han adaptado a las condiciones rígidas del altiplano: baja precipitación, bajas temperaturas, fuertes vientos y sequía, lo que le confiere un gran valor, para fines de aprovechamiento dirigido, en sistemas de producción del altiplano.

Los ecotipos y especies varían en aptitud forrajera, siendo algunas palatables para ovejas y llamas en estado verde y otras solamente en seco, debido al contenido de principios anti nutritivos.

Estas especies pueden sobrevivir en otoño e invierno que son secos y fríos, asimismo, en verano que es seco y caluroso, por lo que ofrece un potencial extraordinario para rotación de cultivos, descanso mejorado del suelo, cobertura vegetal, fuente de materia orgánica y especie fijadora de nitrógeno.

Las *Q'ila-q'ilas* observadas en las distintas condiciones de suelo, pueden alcanzar hasta 1,5 m de altura o ser completamente postradas, y arrosadas en su crecimiento, pudiendo sobrevivir el invierno y otoño.

Las especies silvestres de *Lupinus* crecen en todo el altiplano, sin embargo, tienen sitios o tipos de suelo algo específicos donde prosperan mejor, por lo que se ha descrito las especies y ecotipos en base a

la primera localidad o zona donde se ha encontrado creciendo y con evidencias de su endemismo. Las localidades que se mencionan son referenciales, en razón de haber constatado su presencia y haber recolectado su semilla, sin embargo, su distribución es mucho más amplia.

Los nombres científicos no están bien claros en razón de la escasa disponibilidad de información.

A continuación se describen las especies y/o ecotipos diferenciando las zonas de adaptación en el Altiplano Sur, Centro y Norte.

### *Q'ilas q'ilas en el Altiplano Sur*

**Ecotipo Chacala o Forrajero (*Lupinus subcaulis*).** Se pueden encontrar en todas las zonas adyacentes al Salar de Uyuni (municipio de Uyuni), en terrenos en pie de monte con ligera pendiente, donde se cultiva la quinua. Las localidades donde se encontró esta especie son Chacala, Chita, Colchani, Aroma, Ancorcaya (Orinoca), Pampa Aullagas, Lloco (Orinoca). Algunas poblaciones más o menos dispersas crecen en San Pedro de Curawara y Curawara de Carangas (Oruro).

Los suelos donde crece esta especie son arenosos, franco arenoso y suelos franco gravosos. En general se encuentran en planicies próximas a cerros de origen volcánico. Se ha constatado su alta tolerancia a heladas y que es muy preferida por liebres y ovejas, cuando está fresca y seca. La planta es de crecimiento coposo, con entrenudos cortos que dan apariencia ramosa y es altamente tolerante a heladas. El ciclo de vida de esta especie es anual con semilla de alta dureza. Las plantas son altamente susceptibles al ataque de picudo negro (*Apion* sp.) y

susceptible a la mosca (*Delia platura*) en etapa de emergencia (Crespo *et al.* 2018).

La altura de planta varía según las condiciones ambientales del sitio donde crecen, teniendo en promedio entre 30 y 50 cm en fase de floración; el color de la flor es azul en todas las poblaciones encontradas. El color de la semilla es café oscuro.



*Ecotipo local forrajero*

**Ecotipo Orinoca (*Lupinus sp.*).** Se encuentra en las comunidades de Lloco, Ancorcaya, Mara-Mara del cantón Orinoca y en la localidad de Avaroa (municipio Andamarca, Oruro) donde los suelos son arenosos. La planta presenta hábito de crecimiento semi erecto con yemas caulinares algo distantes, dando lugar a segmentos de tallo, entre yemas más o menos largas. El ciclo de vida es bi anual o más propiamente pluri estacional, pero en condiciones de estrés por sequía o heladas -que interrumpe la fase de formación de semilla-, su ciclo se convierte en plurianual, pudiendo rebrotar por tres a cuatro años consecutivos y al parecer cuando haya completado la formación de semilla a plenitud. El ecotipo *Orinoca* es tolerante a heladas y poco susceptible a sequía y muy poco susceptible al picudo negro (*Apion sp.*). Bajo condiciones de lluvias oportunas, la altura promedio de

la planta varía entre 40 cm y 70 cm, en fase de floración. La cobertura foliar alcanza hasta 80 cm de diámetro, aunque esto depende del vigor de la planta. El color de la flor es variado, encontrándose predominio de flores azules, azul oscuro, azul tenue hasta blanco. El color de la semilla es café claro con puntos café oscuro a negro y de tamaño mediano en relación a las especies silvestres de lupino.

Este ecotipo tiende a expresar variación en condiciones ambientales de estrés (epigénesis), lo que le da mayores opciones de adaptación como también ofrece oportunidad para la selección dirigida. Las plántulas emergentes son atacadas por larvas de la mosca (*Delia platura*) cuando el suelo es franco a francoarenoso, es susceptible a la roya, especialmente cuando la humedad atmosférica es alta. Las plantas adultas en estado fresco son poco preferidas por herbívoros, pero el material seco es palatable para los animales.



*Ecotipo Orinoca (Lloco)*

**Ecotipo Habas Cancha (*Lupinus sp.*).** Crece en depresiones y laderas de cerros, en suelo con mayor contenido de materia orgánica. Se trata de un ecotipo relativamente resistente a sequía y heladas. El ciclo de la planta en bi anual, tiene mayor altura relativa entre los ecotipos del Sur

(*Chacala y Orinoca*), alcanzando entre 60 cm y 80 cm. Son plantas más verdes, con flor azul intenso y semilla oscura. Es susceptible al ataque de larvas de mosca en etapa de emergencia, medianamente susceptible al picudo negro y susceptible a la roya. Las plantas de este ecotipo suelen ser consumidas por animales domésticos, por lo que se lo considera como ecotipo semi forrajero.



*Ecotipo Habas Cancha*

**Ecotipo Llavica (*Lupinus sp.*).** Crece en cerros de origen volcánico y suelo arenogravoso. Se encontró en Llavica, Puerto Chuvica, Agencha (Colcha K) y Cerro Grande (Salinas). Son plantas altamente tolerantes a heladas y tienen floración temprana, con hábito de crecimiento semi postrado en fase vegetativa y semi erecto en fase reproductiva. El ciclo de vida de la planta es anual independientemente de haber completado o no la formación de semilla. La especie es muy susceptible al ataque del picudo pequeño (*Apion sp.*) y a la roya. Las flores son de color azul y la semilla es de color café oscuro, de tamaño pequeño. La altura de la planta varía entre 30 cm y 50 cm, pero en condiciones de sequía puede ser de porte bajo. Las plantas de este ecotipo son preferidas por las ovejas, tanto en verde como en seco, considerándose como una especie forrajera.



*Ecotipo Llavica*

**Ecotipo Chaquilla (*Lupinus spp.*).** Son plantas verdes que crecen en pie de monte y en cerros con suelos franco a franco arenosos. Las plantas son de flor morada y semilla café oscura moteada de crema, de tamaño mediano. Se considera especie palatable en seco y con menor palatabilidad en estado fresco.

### *Q'ilas q'ilas en el Altiplano Central*

**Ecotipo Patarani (Aroma, La Paz).** Se trata de la especie *Lupinus otto-buchienii*, con plantas de hábito arrositado en estado juvenil y decumbente en fase de madurez de semilla. Las flores son de color morado intenso. Crece en planicies con suelos de textura franca, gravosa e inclusive pedregosa. Son altamente tolerantes a heladas y medianamente susceptibles a sequía. Es palatable en estado verde y seco para llamas y ovejas, poco preferida por plagas (mosca y picudo) y la roya. Este ecotipo se encuentra ampliamente distribuido, formando pequeñas manchas vegetales en casi todo el Altiplano Central (Challapata, Lawachaca, Colquencha, Corocoro, Comanche, J. M. Pando, Jesús de Machaca, San Andrés de Machaca, Choquenaira). Son plantas anuales de tallo herbáceo que forma abundante semilla por planta, siendo de color café oscuro y de tamaño más pequeño en relación a las otras especies. Las plantas son

de crecimiento postrado, por lo que la altura de planta es de 5 cm a 10 cm, sin embargo, la longitud de ramas puede alcanzar a 40 cm en buenas condiciones de suelo. A la madurez, el racimo floral tiende a retomar altura, dando apariencia encorvada a las ramas.



*Ecotipo Patarani*

**Ecotipo Calamarca (Aroma, La Paz).**

Con plantas semi erectas, de coloración verde intensa, de flores púrpuras y color de semilla café oscuro con puntos y jaspes de color crema. Crece en suelos arcillosos y gravosos. Es poco tolerante a heladas y sequía; susceptible al ataque de picudo (*Apion* sp.) y a la roya.

***Q'ilas q'ilas en el Altiplano Norte***

**Ecotipo Peñas o Choclito.** Es endémico en Peñas, Patamanta, Chirapaca (Los Andes, La Paz) con plantas semi decumbentes y vainas compactas en el racimo, similar a la mazorca de maíz, crece en suelos franco arcillosos y gravosos, muy tolerante a sequía y heladas en la fase vegetativa con tendencia a la quiescencia y susceptible a sequía en fase de ramificación y fase reproductiva. El color de la flor es variado, con predominio de flores azules con diferentes tonalidades hasta el blanco. El ciclo de vida es anual, con abundante formación de semilla. El color de semilla es café oscuro, con alta dureza

de la testa, lo que la hace dormante. Este ecotipo es susceptible al ataque de larvas de mosca, picudo y roya.



*Ecotipo Peñas*

**Ecotipo Tambillo (*Lupinus altomontanus*).**

Crece en pie de monte y cerros con suelos arcillosos, gravosos y pedregosos. Son plantas altas, de hábito semi erecto a erecto, de flores púrpura. Es medianamente tolerante a sequía y susceptible a heladas. Su distribución es amplia, en cerros y serranías como en la Autopista La Paz - El Alto, Achocalla - El Alto, Huarina, Huatajata, Ancoraimas, Tiquina, Coro Coro, entre otras. Su ciclo de vida es bi anual, con tendencia a ser perenne. Las plantas son altas (60 cm a 80 cm), flores azules y semilla de color café oscuro y café moteado de crema.



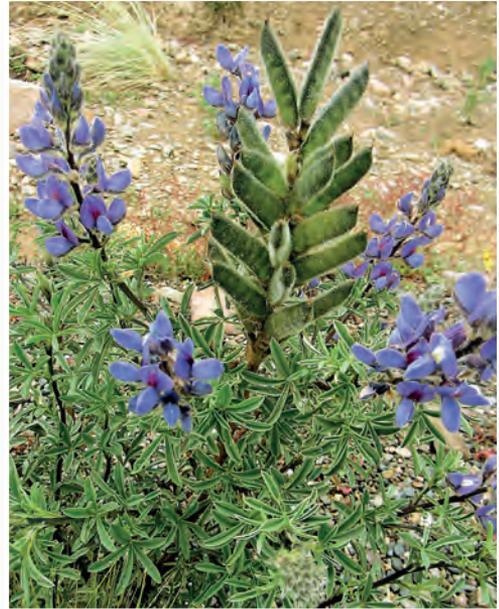
*Ecotipo Tambillo*

**Ecotipo Carabuco - Ancoraimes (*Lupinus aff. mutabilis*).** Se la considera pariente semi silvestre del tarwi o su progenitor ancestral. Son plantas semi erectas y ramificadas, con semilla grande entre las silvestres. Crece en suelos francos y franco arcillosos y gravosos. Son medianamente tolerantes a heladas y sequía. Es endémico en Carabuco, Ancoraimes, Huatajata, Tiquina, Isla Mayor del Lago Titicaca, entre otros.

El ciclo de la planta varía entre anual y bi anual según las condiciones de humedad, pudiendo prolongarse hasta tres años cuando la planta no completa la madurez plena de semilla. Son plantas con alta variabilidad genética, constatándose variación en color de planta (verde a púrpura), plantas altas y medianas. La semilla es café oscura, café con puntos crema, con manchas crema, con manchas negras, de tamaño grande en relación a otras especies descritas.

La flor casi siempre es azul con tonos variados. Alberga plantas susceptibles y tolerantes a la roya, poco susceptibles al picudo y frecuentemente preferidas por larvas de mosca, en especial en etapa de emergencia y fase cotiledonar.

**Ecotipo Waychu o Puerto Acosta (*Lupinus sp.*).** Plantas de hábito ramificado, de tallo semi leñoso, con hojas de color verde intenso y tallo púrpura y verde. Flores de color azul intenso y vainas muy consistentes, de ápice puntiagudo y semilla café oscura a negra, de tamaño mediano. Crece en suelos en pie de monte, con alto contenido de materia orgánica y relativamente húmedos. Son plantas susceptibles al ataque de moscas en estado larvario y a la roya.



*Ecotipo Waychu*

**Ecotipo Santiago Oqula (*Lupinus sp.*).** Son plantas leñosas, arbustivas, plurianuales y altas (1,50 cm), que crecen en el Altiplano Norte donde existe mayor humedad en el ambiente.

El color de la planta es verde ceniciento, foliolos pequeños, con flores azules, vainas pequeñas que contienen semilla de color café oscuro. Las plantas son susceptibles al ataque de roya.



*Ecotipo Santiago Oqula*

## A manera de conclusiones

- Entre los lupinos silvestres o *Q'illa-q'illas* existe una diversidad de especies y ecotipos potencialmente aprovechables en rotación de cultivos, cobertura de suelos y descanso mejorado, en las tres zonas del Altiplano Boliviano.
- Para el Altiplano Sur se sugiere el empleo del ecotipo *Orinoca* en rotación con la quinua. En el Altiplano Central al ecotipo *Patarani* para rotación con quinua, papa y cebada, según el sistema de producción y en el Altiplano Norte el ecotipo *Peñas*.
- El tamaño de semilla varía entre pequeño, mediano y grande, siendo el ecotipo *Ancoraimes - Carabuco* el que forma semilla más grande, con características que se aproximan al tarwi cultivado.
- Se ha identificado al ecotipo *Carabuco - Ancoraimes* en el Altiplano Norte como a un progenitor ancestral del tarwi cultivado, puesto que entre los silvestres, es el que alcanza mayor altura de planta, presenta foliolos y semilla grande, con evidencias de segregación respecto a la morfología de la planta y del grano, ofreciendo opciones inmediatas de selección. Este ecotipo es apropiado para la selección de fenotipos de interés hacia la re domesticación del tarwi cultivado, en un contexto de cambio climático.

## Referencias citadas

- Anderssen L., Monasterio M., Terceros L. 2007. Regímenes climáticos del Altiplano Sur de Bolivia: Una región afectada por la desertificación. *Revista Geográfica Venezolana*. 48(1): 11-32.
- Atchinson G., Nevado B., Eastwood R., Contreras-Ortiz N., Reynel C., Madriñán S., Filatov D., Hughes C. 2016. Lost crops of the Incas: Origins of domestication of the Andean pulse crop tarwi, *Lupinus mutabilis*. *Am. Journal of Botany* 1592-1606.
- Barney M. 2011. Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus* L. (Leguminosae) en Colombia. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 69 p.
- Bonifacio A., Aroni G., Villca M., Ramos P., Alcon M., Gandarillas A. 2014. El rol actual y potencial de las *q'illa-q'illa* (*Lupinus* spp.) en sistemas de producción sostenible de quinua. **En:** *Revista de Agricultura*. UMSS/FCAYP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. 54: 11-18.
- Crespo L., Bonifacio A., Quispe R., Gandarillas A. 2018. Las plagas del tarwi y su manejo. *Revista de Agricultura* Nro. 57. FCAYP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Hugues C., Eastwood R. 2006. Island radiation on a continental scale: Exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes, *PNAS - Evolution* 103 (27): 10334-10339.
- Jacobsen S., Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet.) y sus parientes silvestres. **En:** *Botánica Económica de los Andes Centrales*. M. Moraes, B. Ollagard, L. Kvist, F. Borchsenius, H. Balslev (Eds.). UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 458-462.
- Kurlovich B. 2013. The origin, evolution and classifications of the genus *Lupinus* L. *International Legume Conference*. 6th. Towards a New Classification System for Legumes. Johannesburg, South Africa. 6-11 January 2013. pp. 74-91.

Trabajo recibido el 22 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 10 de junio de 2018

## ¿Por qué el tarwi es un súper alimento?

Antonio Gandarillas; Samantha Cabrera; Jimena Irigoyen

Fundación PROINPA

E mail: a.gandarillas@proinpa.org

**Resumen.** El tarwi es la única leguminosa que ha sido domesticada por culturas ancestrales alto andinas. PROINPA está trabajando en revalorizar este valioso grano andino, impulsando su cultivo, promoción y consumo. El presente artículo pretende dar información general sobre los valores nutricionales del tarwi para un público general no especializado. En el tarwi claramente destaca su contenido de proteína que alcanza el 50% del grano, valor muy superior a otras leguminosas como haba, arveja y frijol; y también a los granos andinos como la quinua y el amaranto. A diferencia de todos estos productos el contenido de carbohidratos del tarwi es bajo. Presenta un importante contenido de ácidos grasos, que alcanzan un 20% del grano, destacando el ácido oleico con casi un 50%. Su contenido de fibra insoluble es alto, lo cual provoca una digestión lenta que reduce el apetito. El tarwi es un excelente producto para la dietas, mucho mejor si se combina con cereales o quinua. Además es recomendado para celíacos, diabéticos, personas con sobrepeso y deportistas.

**Palabras clave:** Valor nutritivo; Germoplasma; Alimentación saludable

**Summary. Why tarwi is a super-food?** The tarwi is the only legume that has been domesticated by ancestral high Andean cultures. PROINPA is working to revalue this valuable Andean grain, promoting its crop, promotion and consumption. This article aims to provide general information on the nutritional tarwi values for a general non-specialized public. In tarwi, clearly highlights its protein content that reaches 50% of the grain, a value much higher than other legumes such as broad beans, peas and beans as well as to Andean grains such as quinoa and amaranth. Unlike all these products, the carbohydrate content of tarwi is low. It has an important content of fatty acids, which reaches 20% of the grain, highlighting oleic acid with almost 50%. Its content of insoluble fiber is high, which causes a slow digestion that reduces the appetite. Tarwi is an excellent product for diets, much better if it is combined with cereals or quinoa. It is also recommended for celiac, diabetics, overweight people and athletes.

**Keywords:** Nutritional value; Germplasm; Healthy eating

### Introducción

El tarwi (comúnmente conocido en Bolivia como *chuchusmuti*) pertenece al grupo de leguminosas que son las plantas más importantes para el ser humano, ya que aportan el mayor contenido de proteínas de su dieta. Se ha empleado en la alimentación desde el inicio de la humanidad, por su elevado valor nutricional y

su adaptación a diferentes condiciones climáticas.

El tarwi es uno de los super alimentos que se han originado en los Andes, sobre los 3000 msnm. A la llegada de los españoles fue desplazado por otras leguminosas, como el haba y la arveja, pasando a conformar el grupo de los denominados *cultivos olvidados*.

Gran parte de los análisis nutricionales presentados en este documento, han sido realizados con granos de tarwi cultivados bajo las condiciones de Bolivia, y en laboratorios locales, que son parte de la Red de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (RELOAA / BOLIVIA).

No se pretende presentar un perfil nutricional en detalle, sino información general que sea útil para productores, profesionales investigadores e industriales.

El Cuadro 1 presenta el perfil nutricional del grano de tarwi cultivado en la zona de Anzaldo en Cochabamba.

**Cuadro 1.** Perfil nutricional del tarwi desamagado y deshidratado (en base seca)

Parámetro	Unidad	Valor por 100 g (%)
Proteína	g	47.92
Grasa	g	20.73
Ceniza	g	2.57
Fibra	g	10.17
H. Carbono	g	21.69
Calcio	mg	113.47
Fósforo	mg	503.08
Hierro	mg	4.67
Zinc	mg	3.73

Fuente: Centro de Alimentos y Productos Naturales. UMSS (2017)

Sus atributos nutricionales destacan por el alto contenido de proteína (cerca al 50% en grano seco), sus aceites de buena calidad, la presencia de varios macro y micro elementos y su bajo contenido de carbohidratos. En pruebas donde se extrajo el aceite del grano de tarwi, el sub producto conocido como *torta* presentó un contenido mayor al 60% de proteína.

El tarwi es la leguminosa con mayor contenido de proteína; se puede apreciar esto al compararlo con otras leguminosas y con cereales que son importantes en todas las dietas en el Mundo y con productos de origen andino que están de moda a nivel global, como es el caso de la quinua y del amaranto. El Cuadro 2 presenta la comparación de los porcentajes de proteína entre los alimentos más conocidos y comunes de consumo humano.

**Cuadro 2.** Valor comparativo de proteína en los principales alimentos de consumo humano en la región

Alimento	Proteína (%) en base seca
Tarwi	48
Amaranto	17
Quinua	16
Trigo	11
Cebada	9
Maíz	8
Arroz	8

Fuente: Elaboración propia en base a diversa revisión bibliográfica

Como se puede apreciar, el porcentaje de proteína del tarwi es superior a todos los cultivos presentados. En cuanto a sus aminoácidos, al igual que otras leguminosas, es bajo en metionina pero alto en lisina, aminoácido que ayuda al transporte y la absorción del calcio, mejora las funciones gástricas y el apetito de los niños (Gil Hernández 2010).

El tarwi también duplica en contenido de proteína a otras leguminosas cultivadas en Bolivia, es el caso de haba, arvejas y frijol.

El perfil de ácidos grasos del tarwi es el siguiente:

**Cuadro 3.** Perfil de ácidos grasos del tarwi

Ácido	Contenido (%)
Ácido oleico (Omega 9)	49.1
Ácido linoleico (Omega 6)	29.4
Ácido linolénico (Omega 3)	2.5
Ácido palmítico	10.9
Ácido esteárico	6.9
Ácido arachidico	0.9
Ácido behénico	0.6

Fuente: Centro de Investigaciones Químicas, Cochabamba - Bolivia (2018)

El ácido oleico es un ácido graso saludable que ayuda al mecanismo de eliminación de grasas malas. Se ha comprobado que aumenta el nivel de colesterol HDL (*bueno*) y disminuyen el nivel de colesterol LDL (*malo*); por lo tanto, facilitan la eliminación de la acumulación de placas en las paredes arteriales, que puede ser la causa de un ataque cardíaco o accidentes cardiovasculares y accidentes cerebro vasculares (Pravst *et al.* 2014).

El ácido oleico ayuda a mantener un peso corporal saludable, ya que interviene en la regulación del metabolismo de lípidos y en el equilibrio del peso corporal (FAO 2010).

El tarwi, al presentar un alto porcentaje de aceite oleico, ofrece ventajas para su uso en la industria de alimentos como pastas, panadería, galletas, refrescos, etc. Es un tipo de aceite más estable, se descompone lentamente dando más tiempo de vida, en anaquel, a los productos.

Tolera mejor las altas temperaturas y los alimentos se impregnan menos de grasa, resultando menos calóricos.

En cuanto a los aceites, el grano de tarwi tiene un contenido mucho más alto de aceites (20%) que otras leguminosas y granos andinos, con alto porcentaje de ácidos grasos *buenos* que son los insaturados (80% del total) (Cuadro 4).

Para carbohidratos, su contenido es considerablemente menor que en otras leguminosas, lo cual está asociado a dietas para regular el peso corporal.

La fibra que contiene es insoluble, lo que provoca una digestión lenta, que reduce el apetito y proporciona una rápida sensación de saciedad. Mejora y facilita el movimiento del tracto digestivo, retiene agua, previene y evita las hemorroides (Villacrés 2016).

## Alcaloides en el tarwi

El grano de tarwi acumula niveles altos de alcaloides (2,6% a 4,2%) del tipo quinolizidinicos.

El contenido de alcaloide varía por varias causas, entre ellas, el ecotipo de tarwi, el tipo de suelo, las condiciones climáticas donde crece, provocándole mayor o menor estrés.

Los alcaloides son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas como un mecanismo de defensa contra los predadores, herbívoros y microorganismos.

Los alcaloides son amargos y tóxicos, no aptos para el consumo humano (Wink 1998).

**Cuadro 4.** Cuadro comparativo del contenido (en %) de proteína, aceites vegetales, hidratos de carbono y fibra, entre el tarwi y las leguminosas haba, arveja, frijol y los granos andinos quinua y amaranto

Especie	Proteína	Aceites vegetales	Hidratos de carbono	Fibra
Tarwi	48.0	20.7	19.7	9.6
Haba	23.4	2.0	60.2	7.8
Arveja	22.5	1.8	62.1	5.5
Frijol	22.1	1.7	61.4	4.2
Quinua	14.1	6.0	72.6	4.0
Amaranto	14.5	6.4	71.5	5.0

Fuente: Laboratorio de Alimentos y Productos Naturales de la UMSS

Por esto, para que el grano de tarwi pueda ser consumido, debe extraerse el alcaloide, esto se realiza mediante la cocción y sucesivos lavados. El límite máximo permitido para el consumo humano es de 200 mg/kg (Boschin *et al.*, 2008; ANZ-FA 2001).

## Macro elementos

El tarwi también destaca por su importante contenido de calcio, que es superior al de otros granos (Figura 1). El calcio confiere dureza al esqueleto y a la dentadura; interviene en la transmisión de los impulsos nerviosos.

El calcio también es necesario para mantener el equilibrio ácido-básico en la sangre para que coagule con normalidad. Diez gramos de tarwi pueden aportar el 46% de calcio de la ingesta diaria recomendada (Villacrés 2016).

## Micro elementos

El tarwi destaca por su contenido de hierro y zinc, por cada 100 gramos de grano, puede aportar el 87,5% de hierro y 33,8% de zinc (Villacrés 2016), de la ingesta diaria recomendada por el Ministerio de

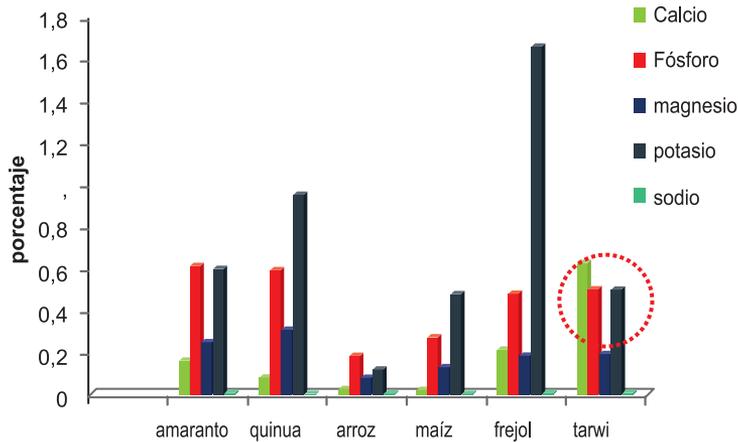
Salud y Deportes, para la población boliviana.

La Figura 2 compara el contenido de cuatro micro elementos en siete alimentos de primera necesidad en la población boliviana.

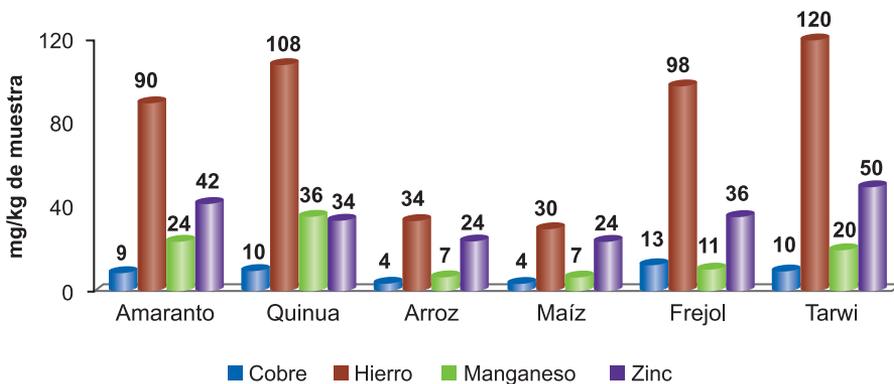
## El tarwi, alimento alternativo para celíacos

El tipo de proteínas que tiene el tarwi, corresponde a globulinas y albúminas, que difieren -en su estructura y propiedades- a las glutelinas y prolaminas de los cereales. Por tanto el tarwi es un alimento libre de gluten, por tanto apropiado para celíacos.

La celiacía es una enfermedad hereditaria y auto inmunitaria, en la cual la superficie de absorción del intestino delgado resulta dañada, debido a la intolerancia al gluten, proteína que se encuentra en el trigo, avena, cebada y centeno, cuyo principal componente es la gliadina. Por ello y debido al tipo de proteínas, el tarwi es un alimento recomendable para integrar la dieta de un celíaco (Villacrés 2016).



**Figura 1.** Comparación de macro elementos de distintos granos y leguminosas de común utilización en la dieta diaria (Fuente: Villacrés 2016)



**Figura 2.** Comparación de micro elementos de distintos granos y leguminosas de común utilización en la dieta diaria (Fuente: Villacrés 2016)

## El tarwi, alimento para diabéticos

Los lupinos (al grupo que pertenece el tarwi) presentan una proteína del tipo  $\gamma$ -conglutin que corresponde a 4% a 5% del total de proteína.

Muchos trabajos científicos muestran que esta proteína tiene varias propiedades, una acción tipo insulina, siendo capaz de interactuar con la hormona insulina indu-

ciendo a una significativa reducción de los niveles de glicemia (Duranti *et al.*, 2008; Dove *et al.*, 2011; Forsanini *et al.*, 2012; Baldeón *et al.* 2012).

Otras propiedades que se atribuyen a los lupinos son la reducción de triglicéridos y colesterol en el plasma sanguíneo y ser anti hipertensión (Sirtori, 2012; Villacrés, 2016).

## Alergénicos en el tarwi

En pruebas preliminares (PROINPA 2013, datos no publicados), utilizando un kit de inmuno ensayo enzimático (ELISA) específico de alergénicos para lupinos, de la empresa Romer Labs de Austria (AgraQuant® Lupin), salieron positivas muestras de grano de tarwi, grano desamargado, grano desamargado / deshidratado y harina.

En Europa se conoce que el *Lupinus albus* provoca alergias, aunque no es común (Duranti *et al.*, 2008).

A la fecha, en Bolivia no se conocen casos de alergia al tarwi, sin embargo es un tema que debe estudiarse para tomar las acciones convenientes.

## ¿Cómo consumir el tarwi?

Lo ideal es su combinación con cereales, por ejemplo con arroz que es de alto consumo en la población boliviana, pero también resulta una excelente mezcla con el maíz, trigo, quinua, etc. Lo que se logra con la combinación del tarwi con los cereales, es un buen balance de aminoácidos.

Como casi todas las legumbres, es bajo en metionina, mientras que los cereales tienden a ser bajos en lisina. No es necesario combinar proteínas complementarias en la misma comida, solo asegurarse de ingerir diferentes fuentes de proteínas durante el día.

El tarwi se debe consumir con cáscara, ya que esta es rica en fibra y funciona como regulador gastrointestinal. Además, los oligosacáridos previenen el estreñimiento, reducen el colesterol y la presión sanguínea.

Por estas razones se convierte en un perfecto aliado en las dietas enfocadas en la reducción de peso.

El perfil de nutrientes del tarwi es apropiado, tanto para dietas de adelgazamiento como control de peso. Complementa muy bien las dietas de personas celiacas y diabéticas. Es una excelente opción para deportistas y personas que requieran un alto consumo de proteína.

En resumen, las propiedades del tarwi hacen de él, un producto excelente para el consumo diario de toda la familia.

## Referencias citadas

- ANZFA (Australia New Zealand Food Authority). 2001. Lupin alkaloids in food. A toxicological review and risk assessment. Techn. Rep. Series 3: 1-21. *En línea*. Disponible en: [www.foodstandards.gov.au/consumer/foodallergies/allergies/Pages/Lupin.aspx](http://www.foodstandards.gov.au/consumer/foodallergies/allergies/Pages/Lupin.aspx)  
Consultado en junio de 2018.
- Baldeón M. Castro J., Villacrés E., Narváez L. Fornasini M. 2012. Hypoglycemic effect of cooked *Lupinus mutabilis* and its purified alkaloids in subjects with type-2 diabetes. *Nutr. Hosp.* 27(4):1245-1250.
- Boschin G., Annicchiarico P., Resta D., D'Aostina A., Arnoldi A. 2008. Quinolizidine Alkaloids in Seeds of Lupin Genotypes of Different Origins. *J. Agric. Food Chem.* 56, 3657-3663, 3657.
- Dove E., Mori T., Chew G., Barden A., Woodman R., Puddey I., Sipsas, S., Hodgson J. 2011. Lupin and soya reduce glycaemia acutely in type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition.* 106: 1045-1051.

- Duranti M., Consonni A., Magni Ch., Sessa F., Scarafoni A. 2008. The major protein of lupin seed: Characterization and molecular properties for use as functional and nutraceutical ingredients. *Trends in Food, Science and Technology* 19: 624-633.
- FAO. 2010. Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Food and nutrition paper 91. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Fornasini M., Castro J, Villacrés E., Narváez L., Villamar M., Baldeón M. 2012. Hypoglycemic effect of *Lupinus mutabilis* in healthy volunteers and subjects with dysglycemia. *Nutr. Hosp.* 27(2):415-423.
- Gil Hernández A. 2010. Tratado de nutrición (rústica). Tomo 2. Composición y calidad nutritiva de los alimentos. 2da. ed. Edit. Médica Panamericana. España.
- Pravst I. 2014. Oleic acid and its potential health effects. *In:* Whelan, L (Ed.) Oleic Acid, Production, Uses and Potential Health Effects. *Biochemistry Research Trends*. Nova Science Publishers, Inc. New York. pp 35-54. *En línea*. Disponible en: [www.researchgate.net/profile/Igor\\_Pravst/publication/264503445\\_Oleic\\_acid\\_and\\_its\\_potential\\_health\\_effects/links/53e1f1660cf2d79877a9f62e/Oleic-acid-and-its-potential-health-effects.pdf](http://www.researchgate.net/profile/Igor_Pravst/publication/264503445_Oleic_acid_and_its_potential_health_effects/links/53e1f1660cf2d79877a9f62e/Oleic-acid-and-its-potential-health-effects.pdf)  
Consultado en junio de 2018.
- Sirtori C., Triolo M., Bosisio R., Bondioli A., Calabresi L., de Vergori V., Gomaschi M., Mombelli G., Pazzucconi F., Zacherl Ch., Arnoldi A. 2012. Hypocholesterolemia effects of lupin protein and pea protein/fibre combinations in moderate hypercholesterolemia individuals. *British Journal of Nutrition*. 107:1176-1183.
- Villacrés E. 2016. El aporte de la investigación a la agro industrialización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Depto. Nutrición y Calidad de Alimentos. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Ecuador.
- Wink M. 1998. Plant breeding: Importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores. *Theor. Appl. Genet.* 75, 225-233.

Trabajo recibido el 22 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 22 de junio de 2018

# Transformación del tarwi: *De la carretilla al supermercado*

Samantha Cabrera; Antonio Gandarillas

Fundación PROINPA

E mail: a.gandarillas@proinpa.org

**Resumen.** El tarwi presenta un alcaloide tóxico, antes de su consumo debe ser procesado para eliminar el alcaloide. La manera tradicional es cocerlo y lavarlo en la corriente de agua de ríos, para luego comercializarlo en mercados de la ciudad, usualmente en carretillas. La empresa PANASERI es pionera en la industrialización del proceso de tarwi, para esto ha establecido una línea de producción aséptica, con un sistema de tratamiento de agua y pasteurizado. Ha logrado colocar el *chuchusmuti* en los supermercados, donde en cadena de frío se conserva hasta tres meses, en cambio en el sistema tradicional, el *chuchusmuti* apenas dura tres días. Por sus grandes cualidades nutritivas el *chuchusmuti* aspira a ganar un espacio en la dieta y gastronomía de los bolivianos, para esto PROINPA trabaja en la articulación de los diferentes actores: agricultores, chefs, nutricionistas, médicos, supermercados, agroindustrias y entidades públicas.

**Palabras clave:** Industrialización; Comercialización; Alimentación saludable

**Summary. Transformation of tarwi: From wheelbarrow to the supermarket** Tarwi presents a toxic alkaloid. Before its consumption, it must be processed for eliminating the alkaloid. The traditional way is to cook and wash it in the rivers stream, to then commercialize it in city markets, usually in wheelbarrows. The company PANASERI is a pioneer in the industrialization of tarwi processing; for this, it has established an aseptic production line, with a water treatment and pasteurized system. It has achieved to place *chuchusmuti* in supermarkets, where tarwi is stored for up to three months in cold chain, whereas, in the traditional system, *chuchusmuti* lasts only three days. Due to its great nutritional qualities, *chuchusmuti* aspires to gain a space in the diet and gastronomy of Bolivians; for this, PROINPA works in the articulation of different actors: farmers, chefs, nutritionists, doctors, supermarkets, agri-businesses and public entities.

**Keywords:** Industrialization; Commercialization; Healthy food

## Procesamiento tradicional

El tarwi debe ser procesado antes de ser consumido como mote (*chuchusmuti*). En el presente artículo se hace una breve descripción de la forma tradicional en que se procesa el tarwi y de la primera experiencia en Bolivia en industrializar y poner al mercado el *chuchusmuti*. La manera tradicional de procesar el tarwi para obtener *chuchusmuti* es muy artesa-

nal y poco aséptica. El *chuchusmuti* se encuentra principalmente en mercados populares de la ciudad de Cochabamba, en menor grado en las ciudades de La Paz, Sucre y Potosí. El tarwi presenta un alcaloide que es tóxico para el consumo humano y también para los animales. Para ser consumido debe ser removido, lo más frecuente es hacerlo con agua, ya que se trata de un alcaloide hidrosoluble (Gandarillas *et al* 2018; Villacrés 2016).

El proceso tradicional es remojar el grano por una noche, donde se hidrata y dobla su volumen. Luego se cocina por unos 40 minutos, posteriormente es sometido (en bolsas tipo yute) a la corriente de ríos o arroyos, en bolsas con 30 a 40 kg, por tres a cuatro días.

Aquí se termina de desamargar el grano y se obtiene el *chuchusmuti*. Este proceso puede afectar la calidad de las fuentes de agua donde el tarwi es lavado.

Al remover el alcaloide, el grano se torna muy susceptible a la colonización por bacterias y hongos, si acaso no se refrigera, su tiempo de vida es de dos a tres días (Gandarillas *et al.* 2018).

Las familias que procesan el tarwi, trasladan el producto muy temprano en la mañana a la ciudad, donde es vendido a minoristas mujeres, quienes a su vez comercializan en sus puestos fijos en mercados o como ambulantes.

Las señoras minoristas usualmente usan carretillas, con un bloque de hielo al medio del montón de *chuchusmuti*, para mantenerlo lo más frío posible.

La tecnología descrita puede afectar la calidad de las fuentes de agua donde el tarwi es lavado. El producto es manipulado y comercializado de manera poco aséptica, resultando en un producto con riesgo de estar contaminado.



*Comercialización tradicional de chuchusmuti en los mercados de Cochabamba*

## Propiedades del tarwi

Es conocido el valor nutritivo del tarwi, donde destaca su alto contenido de proteína, por lo que se recomienda el consumo familiar, además el consumo del tarwi es muy recomendado para personas que sufren de celiaquía, al ser un producto libre de gluten y también para los diabéticos; en este sentido, últimos estudios

muestran que su tipo de proteína ayuda a regular el azúcar en la sangre (Baldeon *et al.* 2012, Dove *et al.* 2011, Fornasini *et al.* 2012).

Se debe destacar que en el Mundo, el sobrepeso y la obesidad se han convertido en temas de salud pública y Bolivia no está exenta de estos problemas.

Se estima que el sobrepeso infantil en Bolivia afecta al 8,7% de los niños menores de 5 años y la obesidad en personas adultas se reporta hasta en 20% de la población (FAO / OPS 2017).

El tarwi es un producto muy saludable ya que reúne las propiedades adecuadas para personas que desean iniciar una dieta, ello por su contenido de proteína, los aceites vegetales con alto contenido oleico y la fibra que ayuda a dar la sensación de saciedad.

En la cocina es muy versátil; puede comerse solo, en sopas, humintas, ceviches, etc., o acompañar ensaladas. La harina de tarwi se combina muy bien con otras harinas, mejorando el contenido proteico de panes, empanadas, queques, etc.

Por todo esto, la Fundación PROINPA ha decidido invertir en la producción y promoción del tarwi. En esta línea y consciente de que uno de los cuellos de botella para incrementar la producción es el mercado, PROINPA ha ayudado a la creación de una pequeña empresa artesanal: PANASERI SRL, dedicada al procesamiento del tarwi.

## La empresa PANASERI

PANASERI ha establecido una planta de procesamiento artesanal de tarwi, donde el agua ha recibido una atención especial, mediante un juego de filtros (arena, resina y carbón) y tratamientos mediante cloro y ozono, todo esto asegura la calidad y asepsia del agua.

El tarwi se hidrata una noche, donde se elimina de 20% a 30% del alcaloide, luego pasa a una cocción de cuatro horas donde se elimina entre 50% a 60%.

Luego el tarwi es lavado con un sistema de tanques conectados a un sistema centrífugo, donde se termina de eliminar el 20% a 30% del alcaloide. El agua con alcaloide es reciclada hacia los calderos y los tanques de enfriamiento.

Se realizan pruebas de detección de alcaloides, usando la técnica de “titulación con fenoltaleína”, para tener certeza de que el *chuchusmuti* es apto para el consumo humano, con menos de 0.02% de alcaloide (ANZFA 2001; Boschin *et al.* 2008).

PANASERI ha logrado hacer más eficiente la tecnología de extracción del alcaloide; en experiencias propias de PANASERI y en el Ecuador (Villacrés, 2016; Gandarillas *et al.* 2018), la extracción utiliza alrededor de 60 litros de agua por kg de grano. Con la nueva tecnología se ha reducido a menos de 20 litros.

En el caso del alcaloide, PROINPA ha realizado pruebas para su uso como un insumo de un nuevo eco insecticida, el cual saldrá pronto al mercado.

Luego, los granos de *chuchusmuti* son seleccionados para ser pasteurizados y envasados. De esta manera el *chuchusmuti* es totalmente aséptico e inocuo para el consumidor. En cadena de frío puede permanecer hasta tres meses en anaquel.

En el Cuadro 1 se compara los principales procesos o productos del procesamiento tradicional, comparándolos con los procesos realizados en la planta de PANASERI

También PANASERI ha desarrollado una línea seca, donde el tarwi desamargado se seca y luego pasa a ser harina o tostado, de esta manera el periodo de vida es mucho más largo.

**Cuadro 1.** Resumen comparativo de la tecnología tradicional y la tecnología semi industrial para el procesamiento del tarwi

Proceso/producto	Tecnología tradicional	Tecnología PANASERI
<b>Hidratado con agua</b>	Agua proveniente de arroyos o ríos	Agua tratada con juego de filtros que garantiza calidad e inocuidad
<b>Cocción</b>	En turriles	En marmita inoxidable
<b>Alcaloide</b>	Se elimina al ambiente	Se recicla
<b>Lavados</b>	En agua de arroyos o ríos	En tanques con fuerza centrífuga donde se recicla el agua
<b>Mote lavado</b>	Puede tener presencia de alcaloide y contaminantes	Libre de alcaloides y contaminantes
<b>Envasado</b>	En bolsas de plástico	En envases que son pasteurizados
<b>Comercialización</b>	En carretillas al aire libre	Manteniendo cadena de frío
<b>Tiempo de vida</b>	Dos a tres días	Tres meses
<b>Microorganismos</b>	Presencia de bacterias del tipo <i>E. coli</i>	Ausencia microbiana

Agronómicamente, PROINPA ha evaluado en campo, variedades de tarwi con bajo contenido de alcaloide; en la industria estas variedades pueden reducir el uso de agua a menos de 10 litros por kg. En un futuro próximo éstas serán las variedades que dominarán el mercado de tarwi.

La comercialización del *chuchusmuti* se realiza mediante las principales cadenas de supermercados en la ciudad de Cochabamba.

Se ha identificado como principal segmento de mercado mujeres entre 25 y 45 años, que toman decisiones sobre el consumo familiar, que buscan una alimentación sana para su familia, que compran regularmente en supermercados y que están dispuestas a innovar en sus alimentos.

### Potencial gastronómico

El año 2011, Cochabamba fue declarada *Capital Gastronómica de Bolivia*. Luego, el año 2017, la UNESCO incluye a Cochabamba entre las *Ciudades Creativas en Gastronomía del Mundo*.

En esta línea, el tarwi como un producto y cultivo ancestral, está siendo incorporado en la gastronomía de vanguardia cochabambina y boliviana, como parte de su innovación y creatividad continua.

Para desarrollar el potencial gastronómico del tarwi y para posicionarse en la dieta de los centros urbanos y proyectarse a nivel internacional, PROINPA trabaja en articular la promoción del tarwi junto a varios actores, entre ellos chefs, nutricionistas, médicos, agricultores, municipios, gobernaciones y ministerios.



*Izquierda: Procesamiento de chuchusmuti en planta de PANASERI.  
Derecha: Chuchusmuti como parte de los platos tradicionales de Cochabamba.*

## Referencias citadas

- ANZFA (Australia New Zealand Food Authority). 2001. Lupin alkaloids in food. A toxicological review and risk assessment. Techn. Rep. Series 3: 1-21. *En línea*. Disponible en: <http://www.foodstandards.gov.au/consumer/foodallergies/allergies/Pages/Lupin.aspx> Consultado en junio de 2018.
- Baldeón M., Castro J., Villacrés E., Narváez L., Fornasini M. 2012. Hypoglycemic effect of cooked *Lupinus mutabilis* and its purified alkaloids in subjects with type-2 diabetes. *Nutr. Hosp.* 27(4):1245-1250.
- Boschin G., Annicchiarico P., Resta D., D'Aostina A., Arnoldi A. 2008. Quinolizidine Alkaloids in Seeds of Lupin Genotypes of Different Origins. *J. Agric. Food Chem.* 56, 3657-3663, 3657.
- Dove E., Mori T., Chew G., Barden A., Woodman R., Puddey I., Sipsas, S., Hodgson J. 2011. Lupin and soya reduce glycaemia acutely in type 2 diabetes. *British Journal of Nutrition.* 106: 1045-1051.
- FAO / OPS. 2017. Panorama de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. *En línea*. Disponible en: [www.fao.org/3/a-i7914s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7914s.pdf) Consultado en octubre de 2017.
- Fornasini M., Castro J., Villacrés E., Narváez L., Villamar M., Baldeón M. 2012. Hypoglycemic effect of *Lupinus mutabilis* in healthy volunteers and subjects with dysglycemia. *Nutr. Hosp.* 27(2): 415-423.
- Gandarillas A., Cabrera S., Irigoyen J. 2018. ¿Por qué el tarwi es un súper alimento?. *Revista de Agricultura.* Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Villacrés E. 2016. El aporte de la investigación a la agro industrialización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Depto. Nutrición y Calidad de Alimentos. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Ecuador.

*Trabajo recibido el 2 de julio de 2018 - Trabajo aprobado el 18 de julio de 2018*

## El tarwi: Un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia

Antonio Gandarillas; Juan Vallejos; Pablo Mamani

*Fundación PROINPA*

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

**Resumen.** El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es un cultivo andino olvidado a pesar de todos sus atributos, sin embargo, las nuevas tendencias de los hábitos de consumo en Bolivia y en el Mundo, parecen abrirle una oportunidad. Los segmentos de vegetarianos, veganos, celíacos, diabéticos, sobrepeso y deportistas, demandan para su dieta productos como el tarwi (*chuchusmuti*), que es rico en proteínas y fibra insoluble, bajo en carbohidratos y tiene un buen balance de ácidos grasos. Desde el punto de vista agronómico, es importante mejorar la productividad y competitividad del tarwi, para esto se debe trabajar en algunos temas, como variedades más modernas, con mejor arquitectura, factibles de ser mecanizadas, de ciclo más corto que encajen mejor al actual régimen de lluvias y con un contenido menor de alcaloides que faciliten su procesamiento y consumo. El hecho de mejorar las prácticas agrícolas, así como el manejo de plagas y enfermedades y mecanización de la cosecha, debiera conducir a bajar los costos de producción y mejorar los rendimientos, pasando de los 10 qq/ha a 20 qq/ha. En el procesamiento del tarwi, PROINPA y la empresa PANASERI, han realizado importantes avances, colocando en los supermercados un producto de *chuchusmuti* inocuo, aséptico y pasteurizado. Si bien existe buena recepción del producto, aún se requiere mayor inversión en su promoción, para un posicionamiento sólido en el mercado nacional.

**Palabras clave:** Valor nutritivo; Comercialización; Industrialización

**Summary. Tarwi: A crop with new opportunities in Bolivia.** Despite all its attributes, the tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) is a neglected Andean crop. However, new trends in consumer habits in Bolivia and the World, seem to open it an opportunity. The segments of vegetarians, vegans, celiac, diabetics, overweight and athletes, demand for their diet, products such as tarwi (*chuchusmuti*), which is rich in protein and insoluble fiber, low in carbohydrates and has a good balance of fatty acids. From the agronomic point of view, it is important to improve the productivity and competitiveness of tarwi. For this, some issues must be worked, such as more modern varieties, with better architecture, feasible to be mechanized, shorter cycle that better fit the current regime of rains and with a lower content of alkaloids facilitating their processing and consumption. The fact of improving agricultural practices, as well as the management of pests and diseases and mechanization of the harvest, should lead to lower production costs and improve yields, going from 10 qq/ha to 20qq/ha. In the tarwi processing, both, PROINPA and the company PANASERI, have made important advances, placing in the supermarkets a product of innocuous, aseptic and pasteurized *chuchusmuti*. While there is good reception of the product, it still requires more investment in its promotion, for a solid positioning in the national market.

**Keywords:** Nutritional value; Commercialization; Industrialization

## Introducción

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) fue domesticado por las culturas ancestrales de los Andes, lugar donde se presenta una mayor variabilidad genética, distribuida principalmente en Bolivia, Perú y Ecuador (Cowling *et al.* 1998, Jacobsen y Mujica 2006, Peralta *et al.* 2014, Vicente 2016). En la época de la Colonia, el tarwi fue desplazado por leguminosas introducidas como el haba y la arveja, debido a que no tenían el sabor amargo del tarwi (Jacobsen y Mujica 2006).

El consumo del tarwi en Bolivia es muy bajo y se realiza en forma de mote (*chuchusmuti*). Las familias de agricultores reconocen el valor del tarwi en la alimentación humana y en la mejora de sus sistemas de cultivo, por su aporte a la fertilidad del suelo, sin embargo, también reconocen las limitaciones para su consumo, como la falta de agua para el lavado de sus alcaloides.

En general, los factores que determinan la baja producción de tarwi en Bolivia, son la reducida demanda por los mercados, la inestabilidad de sus precios, su productividad amenazada por las inclemencias climáticas como sequías y heladas y sobre todo por su largo ciclo (8 a 10 meses) que no acompaña al acortamiento de los periodos de lluvia.

En los centros urbanos, la oferta de *chuchusmuti* es mínima, la población en general lo asocia a un tipo de alimentación marginal, debido al desconocimiento de sus atributos nutricionales y a que su oferta en los mercados es muy precaria, lo que resulta en un producto contaminado. En el país se han realizado algunos esfuerzos para promover su producción y consumo, particularmente por algunas

ONG, sin embargo, estos no han sido suficientes para tener una incidencia sobre el consumo (PADER/COSUDE 2002, Asociación CUNA 2012). Las nuevas corrientes a nivel nacional y mundial, que buscan alimentos sanos y nutritivos, abren una gran posibilidad para el tarwi, emergiendo importantes segmentos de mercado donde este producto puede encajar perfectamente. La obesidad y la diabetes se constituyen en problemas de salud pública; existe una población creciente con alergia al gluten; la población de vegetarianos y veganos va en aumento y comienza una tendencia hacia el cambio de la proteína animal por la vegetal.

## Valor nutricional del tarwi

Las leguminosas en general tienen un alto contenido de proteína, pero el tarwi es excepcional porque alcanza hasta un 50%, duplicando a los valores en el haba, arveja, frijol y solo es comparable con el de soya. Tiene un elevado contenido de aceites (20%), con alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, considerados buenos para la salud (80% del total), distribuidos en Oleico 50% (Omega 9), Linoleico 27% (Omega 6) y Linolénico 2,5% (Omega 3) (Villácrés 2016, Irigoyen *et al.* 2017). El tarwi también destaca por su alto contenido de Calcio, presente en la testa (cáscara), y los micro elementos Hierro y Zinc. En cuanto a carbohidratos, su contenido es considerablemente menor al de otras leguminosas (Cuadro 1), lo cual es apreciado para dietas orientadas a regular el peso corporal.

El lavado del grano para su desamalgado hace que se reduzca aún más los carbohidratos hidrosolubles. La fibra que contiene es de digestión lenta y proporciona una rápida sensación de saciedad.

**Cuadro 1.** Comparación de parámetros nutritivos de cuatro leguminosas consumidas en Bolivia

Especie	Proteína (%)	Aceites vegetales (%)	Hidratos de carbono (%)	Fibra (%)
Tarwi	48.0	20.7	19.7	9.6
Haba	23.4	2.0	60.2	7.8
Arveja	22.5	1.8	62.1	5.5
Frijol	22.1	1.7	61.4	4.2

Fuente: Elaboración propia. Adaptado de Gandarillas *et al.* 2018.

## Producción de tarwi en Bolivia

En Bolivia, el tarwi se cultiva en las zonas frías del Altiplano y en los valles interandinos, a altitudes entre 2500 a 4000 msnm. Los departamentos productores de tarwi en Bolivia son Cochabamba, La Paz, Potosí y Chuquisaca, destacando los dos primeros por su tradición y consumo (Mamani y Calisaya 2017). La información estadística sobre el tarwi es escasa y poco actualizada.

El Cuadro 2 presenta información de los años 2008 y 2013 del INE. Como se observa, se reporta una superficie cultivada de tarwi en Bolivia muy baja, no pasando las 1900 ha, con rendimientos bajos, que oscilan en 0,5 t/ha, en comparación a rendimientos en Perú y Ecuador, que superan la tonelada por hectárea (Jacobson y Mujica 2006).

Los mayores rendimientos se presentan en el departamento de La Paz, debido a que predomina la producción circunlacustre al Lago Titicaca, donde los suelos son más fértiles y profundos y tienen condiciones favorables de humedad y temperatura para el cultivo. Llama la atención que los rendimientos en Cochabamba hayan bajado tanto entre el año 2008 y el año 2013, debido probablen-

te al retraso de las lluvias que se presentó el año 2013, lo que no permitió la siembra oportuna y el cultivo no pudo completar su ciclo. Información de los años 2015 a 2018, generada por PROINPA en Cochabamba (Cuadro 3), para la región andina semi húmeda (Colomi) y la región andina semi árida (Anzaldo), muestra que en la primera zona los rendimientos son 30% a 45% superiores al de la segunda zona, aspecto que confirma que el ambiente frío y semi húmedo es favorable al cultivo

Otra diferencia en la producción entre estos dos ambientes, es la calidad del grano, ya que el estrés por sequía, genera en el tarwi mayor acumulación de alcañolide y su testa (cáscara) presenta mayor engrosamiento.

## Limitaciones en el incremento de la producción y el consumo de tarwi

La producción, procesamiento y consumo del tarwi, ha recibido poca atención de parte de las entidades regionales y nacionales de investigación y desarrollo en Bolivia. Es un cultivo en el que no se hizo mejora genética que permita contar con variedades adaptadas a las diferentes eco regiones andinas de nuestro país.

**Cuadro 2.** Superficie cultivada, rendimiento y volúmenes de producción de tarwi en Bolivia para los años 2008 y 2013

Departamento	Año 2008			Año 2013		
	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (TM)	Superficie (ha)	Rendimiento (t/ha)	Producción (TM)
Cochabamba	261	0,916	239	412,4	0,397	163,7
Potosí	900	0,494	445	729,7	0,418	304,8
La Paz	710	0,723	513	50,1	0,744	37,3
Chuquisaca	24	0,458	11	70,7	0,444	31,4
<b>Bolivia</b>	<b>1895</b>	<b>0,637</b>	<b>1208</b>	<b>1262,9</b>	<b>0,425</b>	<b>537,2</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos del INE 2008 y 2013.

Se sigue cultivando ecotipos de selección natural, cuyas cualidades son poco atractivas agrónomicamente, con maduración heterogénea, tardías (8 a 10 meses), alta biomasa foliar, bajo rendimiento (bajo índice de cosecha) y con elevado contenido de alcaloides.

El agricultor debe cosechar manualmente el tarwi, en función a la madurez de las panojas, lo que implica excesiva mano de obra. La trilla y el venteo se realiza sobre el suelo y en el mejor caso sobre plásticos, lo que da lugar a una fuerte contaminación con piedrecillas, pajillas, etc., que posteriormente deben ser removidos manualmente, lo que incide en el costo de producción.

Otro factor limitante es la falta de semilla de calidad, los agricultores no seleccionan ni tratan su semilla, esto lleva a importantes pérdidas debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades que se transmiten por esta vía.

La presencia de alcaloides en el grano varía entre 2,4% y 4% (Villacrés 2016) lo cual hace que el grano sea amargo y tóxico para el consumo directo por los humanos y animales.

Se ha estimado que para desamargar 1 kg de grano, se requiere al menos 60 litros de agua. La extracción del alcaloide en forma tradicional pasa por un proceso largo y costoso que incluye el hidratado, la cocción y sucesivos lavados con agua.

**Cuadro 3.** Rendimientos de tarwi en una región semi húmeda y otra semi árida, considerando un año seco y un año normal (2015 a 2017)

Región	Año seco		Año normal	
	Precipitación mm	Rendimiento t/ha	Precipitación mm	Rendimiento t/ha
Colomi (zona semi húmeda)	400	0,35 - 0,45	625	0,45 - 0,65
Anzaldo (zona semi árida)	300	0,25 - 0,35	500	0,35 - 0,45

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El lavado debe ser con agua corriente y el tiempo requerido es de 4 días a 5 días. La dependencia de agua corriente limita su realización para muchas familias y está restringida a regiones que cuentan con arroyos, ríos u otra fuente de agua permanente.

Una vez que el alcaloide es removido, los granos son muy susceptibles a la colonización por micro organismos, por su alto contenido de proteína y más aún cuando la remoción se realiza en condiciones de baja asepsia, lo cual no permite un almacenamiento prolongado. El producto se deteriora y pudre en pocos días si no se cuenta con una cadena de frío.

## Consumo actual de tarwi en centros urbanos

En Cochabamba, gran parte de la población ha probado el *chuchusmuti*, adquirido en algún mercado popular, de vendedoras ambulantes en los lugares de pago de peaje de las carreteras y/o en las calles de la ciudad. La comercialización normalmente se realiza en condiciones anti-higiénicas, en carretillas cerca al suelo, con mucha contaminación a su alrededor, vehículos, animales, gente, etc. Al ser lavado en condiciones poco higiénicas, llega al mercado con una alta carga microbiana del tipo coliformes.

En el resto de las ciudades del país el consumo es menor, se encuentra eventualmente en los mercados populares y también en las calles. En las áreas rurales de La Paz, Chuquisaca y Potosí, también se puede encontrar ocasionalmente mote de tarwi ofertado por vendedoras ambulantes. No existen datos oficiales sobre el consumo de tarwi en Bolivia; en base a la experiencia de los autores, el consumo *per cápita* en Bolivia es de unos 50 gra-

mos, que corresponden a unos 200 granos de tarwi. Esta es una cantidad muy baja en relación al consumo que se da en la Sierra Ecuatoriana, donde el consumo *per cápita* es mayor a 4 kg (Caicedo *et al.* 2001).

En general se puede indicar que los consumidores bolivianos son ocasionales, que lo hacen *al paso* en la calle, quitando la cáscara del grano para disminuir el riesgo de la contaminación y botándola al suelo. Un porcentaje menor lleva el producto a su casa donde antes de consumirlo procede a lavarlo. La población urbana en su gran mayoría no conoce las propiedades del tarwi, por eso el *chuchusmuti* no es parte de la dieta regular de las familias ni es un producto que sea buscado y menos demandado. El *chuchusmuti* es un producto altamente perecible, lo cual limita sus opciones de almacenaje, transporte y comercialización.

## Precios y comercialización

Los precios de tarwi entre los años 2013 a 2015, tuvieron un ritmo ascendente. Así, en julio de 2014, el tarwi llegó a costar 750 Bs/qq, precio que permaneció por un año, con pequeñas fluctuaciones. A partir de julio de 2015, los precios bajaron drásticamente, llegando a los precios del año 2013. Este incremento temporal (enero 2013 a junio 2015) se debió a que los acopiadores comercializaron el producto a Ecuador vía Perú, a precios por encima de 1000 Bs/qq.

Este aspecto muestra que el precio del tarwi en Cochabamba y La Paz está conectado al de Quito en Ecuador, por tanto, las políticas de consumo y promoción del tarwi en ese país, influyen fuertemente en Bolivia, es por esto que el año 2016, el precio del tarwi cayó, debido a que el

gobierno ecuatoriano realizó importantes inversiones para incrementar su producción y abastecer su mercado interno.

La Figura 1 muestra la variación de precios en el mercado de Punata, Cochabamba.

## Perspectivas

**Mercado.** Cada día existe mayor acceso a información sobre buenos hábitos de salud y nutrición, en este sentido un segmento importante de la sociedad busca alimentar mejor a su familia mediante una dieta balanceada de productos nutritivos, inocuos y garantizados para su consumo, que sean naturales, fáciles de preparar y que permita manejar varias recetas.

Por otra parte, un problema de salud pública en el Mundo y Bolivia, es el sobrepeso, asociado a la mala alimentación y a la vida cada vez más sedentaria.

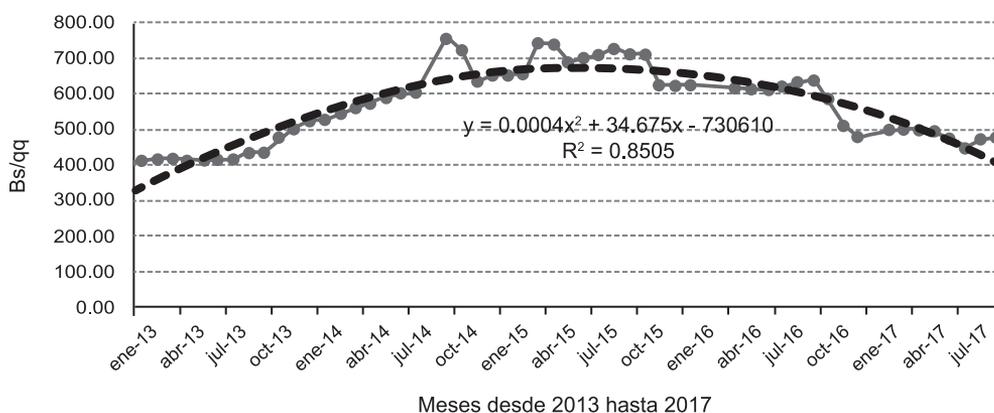
El tarwi responde perfectamente a esta necesidad de alimentación saludable, nutritiva y balanceada. Es un alimento

rico en proteína, bajo en carbohidratos y rico en fibra insoluble que da rápidamente la sensación de saciedad (Villacrés 2016).

El mercado de los vegetarianos y veganos está en aumento, una de sus mayores demandas son fuentes de proteína vegetal, ácidos grasos balanceados, macro elementos como el Ca y P y micro elementos como el Fe y Zn. Situación similar ocurre con la población celiaca, que está obligada a consumir alimentos libres de gluten por los efectos negativos a su salud.

Por otra parte, los deportistas en general, también requieren consumir proteína para mantener la masa muscular. Cada día existen más gimnasios en las ciudades, lo que se constituye en un segmento cautivo para productos con alto contenido de proteína, con bajos carbohidratos y ácidos grasos insaturados.

El tarwi, al ser un alimento rico en todos estos elementos y ser libre de gluten, se constituye en un ingrediente obligatorio en la dieta de estas poblaciones.



**Figura 1.** Variación de precios de tarwi en el mercado de Punata desde enero de 2013 hasta octubre de 2017

**Agronomía.** Para que el tarwi compita en el mercado nacional e internacional, se debe mejorar su producción y productividad. Se debe aspirar a pasar de los 10 qq/ha a 20 qq/ha de rendimiento. Para esto se debe invertir en investigación, que primero permita generar nuevas variedades para las diferentes eco regiones andinas, de arquitectura más baja, madurez uniforme, alto índice de cosecha, con ciclos que se adecúen a las eco regiones, buen rendimiento y bajo contenido de alcaloides.

La Fundación PROINPA ha iniciado la selección de ecotipos con estas características, a partir de material proveniente de campos de agricultores de diferentes eco regiones del país (Gabriel *et al.* 2018).

La amenaza del cambio climático obliga a pensar en variedades tolerantes a la sequía y/o que puedan evadirla a través de su precocidad. Los ecotipos actuales tienen un ciclo de 8 a 10 meses y el periodo de lluvias en la región andina oscila entre 4 a 6 meses. Esta incompatibilidad se puede solucionar generando variedades de menor ciclo. En muchas regiones, el retraso del inicio de lluvias (noviembre) obliga a los productores a no sembrar tarwi y optar por cultivos de menor ciclo de duración.

El contenido de alcaloides en el tarwi es otra limitante para su consumo. Estudios preliminares realizados por PROINPA, demostraron que es posible reducir el contenido de estos compuestos de la planta, a través de la selección del material local y nacional. Las ventajas que se espera tener con este material seleccionado, es que los productores reduzcan el uso de agua para el desamargado, especialmente en aquellas regiones con escaso acceso a este elemento.

Otra ventaja de este germoplasma, es que el ganado puede consumir los residuos de cosecha del cultivo, en épocas de escasez de forraje.

Un manejo adecuado del cultivo también permite reducir las amenazas climáticas, atenuar los daños por enfermedades y plagas y mejorar su productividad. El manejo del tarwi debe incluir la selección, clasificación y tratamiento de la semilla, inoculación con rizobias, siembra en suelos con buen drenaje, densidades apropiadas de siembra, fertilización fosfórica si es necesario y manejo de plagas y enfermedades. Un panorama amplio de estos aspectos agronómicos, se expone en el presente número de esta Revista, a partir de trabajos de: Mamani *et al.* (densidades y aporque); Plata y Gandarillas (enfermedades); Mamani y Calisaya (incorporación de biomasa y rotaciones); Crespo *et al.* (plagas); Mollinedo *et al.* (rizobias); Gabriel *et al.* (genética), y por otra parte trabajos en poscosecha (Vallejos, 2017).

La mecanización del agro en la región andina es cada vez más necesaria por la reducción de mano de obra. PROINPA junto a CIFEMA (Centro de Investigación y Formación de Mecanización Agrícola de la Universidad Mayor de San Simón) han desarrollado sembradoras para tracción motriz y animal para tarwi y otros granos, los cuales se espera difundirlos.

La cosecha de tarwi es otra práctica tediosa y morosa para las familias, se realiza de manera manual, en función a la madurez de la panoja y generalmente resulta en grano contaminado con pajillas y piedrecillas. Las trilladoras combinadas para regiones extensivas y con menor pendiente, se constituyen en una opción importante, pero también se debe consi-

derar al pequeño productor, para quienes PROINPA ha mejorado una trilladora y venteadora a motor, que puede ser transportada fácilmente de una parcela a otra.

**Industria.** En el país se ha iniciado una experiencia pionera en el procesamiento del tarwi, la pequeña *Industria PANASERI SRL* (www.panaseri.com), con base en Cochabamba, la cual ha puesto en los supermercados de Cochabamba un producto de *chuchusmuti* de alta calidad. *PANASERI SRL* cuenta con un sistema de tratamiento de agua mediante filtros, lo cual asegura la inocuidad del proceso y del producto final. Ha reducido el consumo de agua de procesamiento de 60 litros (que es el estimado que se usa tradicionalmente) a menos de 20 litros por kg de grano de tarwi. Cuenta con una línea húmeda dirigida a la producción de *chuchusmuti* que es envasado de manera completamente aséptica y con más de cuatro meses de vida en anaquel.

También ha desarrollado una línea seca donde obtiene harinas y aceites, cuyos usos están dirigidos a la industria de alimentos para la elaboración de pastas, panadería, repostería, etc., con contenidos de proteína mayores a 20% (Cabrera y Gandarillas 2018).

*PANASERI SRL* es una empresa eco social, con un fuerte sentido ecológico, con responsabilidad social, que reconoce mejores precios a los agricultores. Con el apoyo de PROINPA está empezando a procesar variedades con bajo contenido de alcaloide, lo cual tiene un importante enfoque ecológico, porque permite el ahorro significativo de agua en el procesado de *chuchusmuti* y con menores volúmenes de alcaloide que se eliminan al medio ambiente.

## Referencias citadas

- Asociación CUNA. 2012. Manual sobre producción y transformación básica del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). La semilla del futuro ecotipo Carabuco. La Paz, Bolivia.
- Cabrera S., Gandarillas A. 2018. Transformación del tarwi: de la carretilla al supermercado. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Caicedo C., Peralta E., Villacrés E., Rivera M. 2001. Postcosecha y mercado del chocho en Ecuador. Publicación miscelánea Nro. 105. INIAP-FUNDACYT. Quito, Ecuador. 47 p.
- Crespo L., Bonifacio A., Quispe R., Gandarillas A. 2018. Las plagas del tarwi y su manejo. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Cowling W., Buirchell B., Tapia, M. 1998. Lupin. *Lupinus* L. Promoting the conservation and use of under utilized and neglected crops. 23. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersdlebe / International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy.
- Gabriel J., Vallejos J., Mamani P., Angulo A. 2018. Mejora genética del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Bolivia. Revista de Agricultura. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Gandarillas A., Cabrera S., Irigoyen J. 2018. ¿Por qué el tarwi es un súper alimento?. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.

- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Encuesta Nacional Agropecuaria 2008.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2013. Encuesta Nacional Agropecuaria 2013.
- Jacobsen S., Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. **En:** Revista Botánica Económica de los Andes Centrales. Editores: M. Moraes, B. Øllgaard, L. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 458-482.
- Mamani P., Calisaya J., Vallejos J. 2018 Densidad de siembra y aporque para mejorar la productividad del cultivo de tarwi en la región andina semiárida de Cochabamba. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Mamani P., Calisaya J. 2018. Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el sistema de cultivos y la recuperación de suelos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Mollinedo O., Angulo M., Ortuño N. 2018. Respuesta del tarwi a la inoculación con cepas de rizobias aisladas de plantas silvestres y cultivadas de *Lupinus* a nivel de invernadero. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- PADER – COSUDE. 2002. Cadenas de valor. Cadena de valor del tarwi. Informe del estudio de la cadena productiva del tarwi en el municipio de Acasio, Potosí, Bolivia. 58 p.
- Peralta E., Mazón N., Murillo A., Rodríguez D. 2014. Manual Agrícola de Granos Andinos: quinua, chocho, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Cuarta Edición. Publicación miscelánea. Nro. 69. INIAP. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador.
- Plata G., Gandarillas A. 2018. Enfermedades que afectan al cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Vallejos J. 2017. Selección y clasificación de semilla de tarwi. Ficha Técnica. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.
- Vicente J. 2016. El cultivo de Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Estado Plurinacional de Bolivia. Info INIAF. Vol.1, Nro. 7. pp. 88-100.
- Villacrés E. 2016. El aporte de la investigación a la agro industrialización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Depto. Nutrición y Calidad de Alimentos. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Ecuador.

Trabajo recibido el 22 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 18 de julio de 2018

# Densidad de siembra y aporque para mejorar la productividad del cultivo de tarwi en la región andina semiárida de Cochabamba

Pablo Mamani; Juan José Calisaya; Juan Vallejos

*Fundación PROINPA*

*E mail: p.mamani@proinpa.org*

**Resumen.** El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014-2015 y 2015-2016, en comunidades del municipio de Anzaldo, Cochabamba, ubicadas a 3040 msnm. Ambos años difirieron en la precipitación pluvial, siendo normal el primer año (450 mm) y seco el segundo (270 mm). El objetivo fue determinar el efecto de la densidad de siembra y el aporque, en la productividad del cultivo del tarwi en regiones andinas semiáridas. Las densidades de siembra consideraron la distancia entre surco de 50, 70 y 90 cm el primer año y 30, 40, 50 y 60 cm el segundo. En ensayos paralelos, el primer año también se evaluó el efecto del aporque. En condiciones normales de lluvia el mejor rendimiento de tarwi se presentó a una distancia entre surcos de 50 cm y en condiciones de sequía a una distancia de surco de 40 cm, aspecto corroborado por las evaluaciones participativas que señalan que a una menor distancia entre surcos, se mejora el control de malezas y se reduce la evaporación de agua del suelo. La práctica del aporque logra incrementar la productividad del cultivo de tarwi, especialmente en aquellas parcelas de poca profundidad. Las evaluaciones participativas, en un 60%, valoran positivamente esta práctica y un 40% la considera de poca prioridad, por el tiempo y costo adicional que implicaría su realización.

**Palabras clave:** Manejo agronómico; Prácticas culturales; Investigación participativa

**Summary.** **Density of sowing and hilling for improving the productivity of tarwi crop in the semi-arid Andean region of Cochabamba.** The study was carried out during the agricultural campaigns 2014-2015 and 2015-2016, in communities of the Municipality of Anzaldo, Cochabamba, located at 3040 meters above sea level. Both years differed in rainfall, being normal the first year (450 mm) and dry the second year (270 mm). The objective was to determine the effect of sowing density and hilling on the productivity of tarwi crop in semi-arid Andean regions. Planting densities considered the distance between rows of 50, 70 and 90 cm the first year and, 30, 40, 50 and 60 cm the second one. In parallel trials, the effect of hilling was also evaluated in the first year. Under normal rain conditions, the best tarwi yield was found at a distance between rows of 50 cm and, in drought conditions, at a row distance of 40 cm, an aspect corroborated by participatory evaluations indicating that, at a smaller distance between rows, weed control is improved and water evaporation from soil is reduced. The hilling practice achieves to increase the productivity of tarwi crop, especially in those plots of little depth. In a 60%, the participatory evaluations, value this practice positively and 40%, consider it a low priority, for the time and additional cost that its implementation would imply.

**Keywords:** Agronomic management; Cultural practices; Participatory research

## Introducción

La agricultura familiar que caracteriza a los sistemas de producción altos andinos, se torna cada vez más vulnerable a las presiones que ejercen los mismos productores sobre sus suelos (principal capital de los agricultores), al cambio climático y a la falta de acceso al mercado, factores que en conjunto repercuten en la seguridad alimentaria y la economía de las familias (Sivila y Herve, 2006; Ravelo y Planchuelo, 2003).

Los productores cuentan con estrategias de manejo de su agroecosistema, sin embargo el conocimiento local es rebasado por la velocidad de los efectos del cambio climático (plagas y enfermedades, salud del suelo, disminución o pérdida de la diversidad genética, etc.) que determinan una baja productividad (Espinoza *et al.* 2007, Crespo *et al.* 2018, Plata y Gandarillas 2018).

Un cultivo nativo poco aprovechado, a pesar de su gran potencial, es el tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet), muy bien adaptado a Los Andes, de gran aporte a la mejora de la fertilidad del suelo, comparativamente con buenos precios en el mercado, sin embargo, sus rendimientos son bajos debido a la falta de conocimiento de algunos aspectos de su manejo (Gandarillas *et al.* 2018).

Por ejemplo, no se conoce la densidad de siembra óptima para las condiciones biofísicas y socioeconómicas de las regiones semiáridas, donde se desarrolló el estudio. En general, los agricultores de otras regiones andinas de Bolivia utilizan densidades que varían según el lugar, la experiencia y los ecotipos utilizados, sembrando a distancias de 3 cm a 6 cm entre plantas y 70 cm a 200 cm entre surcos.

De la misma forma, no se conoce el efecto del aporque, ya que los agricultores realizan esta práctica solo en el cultivo de papa (Barrientos *et al.* 2002).

Bajo condiciones de buena humedad, fertilidad y profundidad del suelo, la planta de tarwi desarrolla ramificaciones laterales frondosas y vigorosas, que llegan a cubrir toda la superficie, lo que evita el desarrollo de malezas, pero dificulta la cosecha manual y/o mecánica.

Bajo altas densidades de población, las plantas se desarrollan con tallos débiles debido al ahilamiento. También, a densidades altas existe una competencia entre las plantas por la captación de luz y nutrientes, aspecto que afecta el rendimiento del cultivo (Soto *et al.* 2015).

Por otra parte, a densidades altas y en presencia de vientos fuertes, las plantas tienden a acamarse, y una forma de proteger el acame es el aporque.

En las regiones andinas de ladera de Bolivia, la distancia entre surco para el cultivo de papa varía de 50 a 70 cm, atribuible básicamente a la necesidad de aprovechar mejor la superficie de tierra, al grosor del arado de palo y a la capacidad del operador de la yunta.

Muchos productores tratan de seguir esta norma en el cultivo de tarwi, aunque existen regiones donde se siembra en distancias de hasta 150 cm entre surcos.

La tendencia en regiones secas como Anzaldo, es reducir la distancia entre surco con la idea de que el follaje del tarwi, al cerrar completamente el surco, ayuda a conservar la humedad del suelo.

La competencia por malezas es otro criterio que ayuda a algunos productores a definir el ancho de surco.

Trabajos realizados en Chile por Baer (1986), definieron distancias aún menores: 0.2 m para *L. albus* y *L. angustifolius*, lo que permite un mayor control de malezas. En tanto, ensayos realizados por Caicedo et al. (1999) y Mujica et al. (2001), en Ecuador y Perú, respectivamente, señalan para tarwi, las distancias de 60 cm a 80 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, como óptimas.

El aporque es una práctica cultural que los productores comúnmente realizan en la papa. Esta práctica al acumular tierra en torno a la planta ya sea con arado de palo o a mano, es muy necesaria para mejorar la aireación, proteger a los tubérculos y mejorar la productividad del cultivo de papa.

No es muy común su práctica en otros cultivos, pero algunos agricultores la realizan en haba, maíz y otros. En el cultivo de tarwi, la práctica del aporque no es común, debido al desconocimiento y también al costo adicional.

Por estos antecedentes, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de dos técnicas de manejo, como son la densidad de siembra y el aporque, en la productividad del cultivo del tarwi en regiones andinas semiáridas de Cochabamba, Bolivia.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014-2015 y 2015-2016. Los ensayos se establecieron en comunidades del municipio de Anzaldo, ubicado a 62 km de la ciudad de Cochabamba,

a una altitud de 3040 msnm y en las coordenadas 17°46'46" de latitud Sud y 65°55'56" de longitud Oeste. En el primer año de trabajo, la precipitación promedio fue de 450 mm/año, con una temperatura mínima de 4°C y una máxima de 23°C.

En el segundo año la precipitación fue de 270 mm y las temperaturas mínimas y máximas fueron similares al primer año.

La predominancia es de suelos con escasa profundidad y la presencia de una roca dura continúa (barrera física) y mucha pedregosidad, lo cual describe a un tipo de suelo predominantemente Leptosoles Éútricos con algunos Cambisoles Éútricos y Dístricos, en campos con suelos más profundos.

Se trabajó en dos ecoregiones diferentes, una que se denominó "ladera media" representada por la comunidad de Tijrasca (3040 msnm) y que se caracteriza por su topografía de pendiente moderada (40%), suelos en diferente grados de erosión, franco arenosos, con bajo contenido de materia orgánica (0,75%), superficiales en las partes altas y de relativa profundidad en las partes bajas y con presencia forestal dispersa en las laderas (*Eucalyptus* spp.).

La otra ecoregión denominada "planicie alta y seca", representada por la comunidad Muña Mayu (3100 msnm) y que se caracteriza por presentar una topografía predominantemente plana (*pampa* en quechua), presencia de suelos superficiales, francos a franco arenosos, con bajo contenido de materia orgánica (0,8%); alta ocurrencia de vientos y con ausencia de especies forestales.

### **a) Densidad de siembra**

En Bolivia no existen referencias de estudios de densidad de siembra en tarwi. El principal referente que ayudó a definir los tratamientos de distancia de surco en el presente estudio, fue el que se utiliza tradicionalmente en el cultivo de papa, el cual varía de 50 cm a 70 cm.

Otro referente son los estudios realizados en Ecuador y Perú por Caicedo *et al.* 1999 y Mujica *et al.* 2001, respectivamente, que recomiendan distancias para tarwi de 60 cm a 80 cm entre surcos y 30 cm entre plantas.

Con estas experiencias, para el primer año se eligieron las distancias de siembra entre surcos de 50 cm, 70 cm y 90 cm.

En base a los resultados de ese primer año, para el segundo año se definió comparar las distancias entre surco de 30 cm, 40 cm, 50 cm y 60 cm.

En esta primera etapa del estudio, no se consideró la evaluación de la distancia de siembra sobre surco, porque primero se buscó responder a la primera inquietud de los productores, de saber cuál es la distancia de surco más apropiada para el cultivo de tarwi en su región.

La siembra se realizó en surco abierto donde se colocó la semilla a *chorro continuo*, como tradicionalmente siembran los productores, a un promedio de 10 cm entre semillas; la profundidad de siembra fue de 3 a 5 cm.

En ambos años se utilizó el diseño de Bloques Completos en Franjas, con 3 repeticiones. Cada ensayo fue replicado en las dos ecoregiones descritas anteriormente.

La unidad experimental consistió de una parcela de 30 m de largo y 10 m de ancho. Antes de la implementación del ensayo se seleccionó y clasificó la semilla.

Las variables de respuesta fueron:

- Número de vainas por panoja principal
- Número de granos por vaina
- Peso de 100 granos
- Rendimiento en grano

### **b) Aporque**

El aporque es una práctica cultural que comúnmente la realizan los productores de papa en la región andina de Bolivia.

El estudio se realizó en la campaña 2014-2015, evaluando los tratamientos de CON y SIN aporque. La distancia de surco fue de 70 cm, la siembra se realizó en surco abierto donde se colocó la semilla a chorro continuo, a un promedio de 10 cm entre semillas.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones y con replicas en las dos ecoregiones descritas anteriormente.

La unidad experimental consistió de una parcela de 10 m de largo y 5 m de ancho. Las variables de respuesta fueron altura de planta, panojas productivas/planta, vainas/panoja principal, panojas secundarias/planta y peso de 100 semillas.

El aporque se realizó con la ayuda de picotas y cuando las plantas presentaban una altura de 15 cm.

En ambas evaluaciones: densidades y aporque, los datos obtenidos fueron analizados previa verificación de los supuestos de distribución normal y homogeneidad de varianza.

**Evaluaciones participativas.** La evaluación con la participación de productores, se realizó al momento de la maduración de las vainas.

Los evaluadores formaron grupos de hombres y mujeres, quienes por separado analizaron, discutieron y plasmaron sus ideas en papelógrafos.

Para la evaluación se utilizó la metodología de “las caritas” que consiste en valorizar las tecnologías según sean los criterios de evaluación, en bueno, regular o malo (Ashby 1991).

## Resultados y discusión

### a) Densidad de siembra de tarwi

El Cuadro 1 muestra los resultados de rendimiento de tarwi por efecto de las diferentes distancias de siembra evaluadas el primer año agrícola (2014-2015) en dos ecoregiones “planicie alta y seca” (Muña Mayu) y “ladera media” (Tijraska).

En el Cuadro 1 se muestra también el número de plantas por m<sup>2</sup>, como un componente muy relacionado al rendimiento.

El estudio no pudo demostrar que las distancias de siembra comparadas, hubiesen tenido efecto significativo sobre los otros componentes de rendimiento, como son el número de panojas por planta, número de vainas por panoja, peso de 100 semillas y tampoco en la altura de planta.

En este primer año (2014 - 2015) y bajo condiciones normales de precipitación (450 mm), se presentaron diferencias en el rendimiento a favor de la ecoregión “ladera media” (comunidad Tijraska) y en detrimento de la ecoregión “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu). Esta última se caracteriza por suelos más superficiales y menos fértiles, lo que afectó sobre el desarrollo y productividad de las plantas (Espinoza *et al.* 2007).

En ambas ecoregiones, los rendimientos más altos se encontraron con las distancia de surco de 50 cm y 70 cm, que se diferenciaron estadísticamente de los 90 cm entre surco.

Esta tendencia muestra que la arquitectura de la planta de tarwi, bajo las condiciones de Anzaldo, no desarrollan plenamente como para generar competencia entre ellas, cuando se siembra incluso hasta los 50 cm entre surco.

Esta ventaja se atribuye al mayor número de plantas por unidad de superficie como consecuencia de la mayor densidad de siembra, y también a la mayor humedad del suelo que pudo mantener las densidades más altas que se logran con 50 cm y 70 cm entre surco, respecto a 90 cm. Al respecto Caicedo *et al.* (1999), indican que a mayor densidad de siembra se logra una mejor regulación del desarrollo de malezas competidoras. Lo que no se pudo determinar en este primer estudio fue el comportamiento del cultivo a densidades más altas, es decir a distancias entre surco menores a los 50 cm, tal como propone el INIA de Chile (2009) para la siembra de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius*, llegando a recomendar densidades de siembra de 32 plantas/m<sup>2</sup> con distancias entre surco de 20 cm.

**Cuadro 1.** Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del cultivo de tarwi en un año agrícola normal (450 mm de lluvia, 2014-2015) en dos ecoregiones "planicie alta y seca" (Muña Mayu) y "ladera media" (Tijraska)

Distancia entre surcos	Rendimiento (t/ha)		Número de plantas por m <sup>2</sup>
	Muña Mayu (2014-2015)	Tijraska (2014-2015)	Tijraska (2014-2015)
50 cm	0,46 a	1,01 A	20,0 a
70 cm	0,35 a	0,95 A	14,3 ab
90 cm	0,15 b	0,45 B	11,1 b
<b>Promedio</b>	<b>0,32</b>	<b>0,80</b>	<b>15,1</b>

Letras iguales, por columna y variable, son estadísticamente similares al 95% de probabilidad

Esta fue la inquietud que obligó a pensar en un segundo estudio donde se redujo aún más la distancia entre surco, considerando que sería un año seco por las predicciones climáticas de la presencia del *Fenómeno del Niño* y que las plantas de tarwi bajo estas condiciones no desarrollarían lo suficiente como para competir entre ellas y permitiría además mantener mayor humedad en los suelos y también permitiría competir mejor con las malezas.

El segundo año (2015 - 2016) que se caracterizó por ser muy seco (270 mm), las plantas en la ecoregión "planicie alta y seca" (comunidad Muña Mayu) no lograron prosperar por el efecto de la sequía y la baja calidad de los suelos, es por esto que para este año solo se presenta los resultados de la ecoregión "ladera media" (comunidad Tijraska) (Cuadro 2).

Los resultados del segundo año (2015-2016), que se caracterizó por ser seco (270 mm de precipitación), como se esperaba, muestran rendimientos mucho menores que en un año normal.

El cultivo no desarrolló lo suficiente y bajo estas condiciones, la siembra a 40 cm entre surco, permite un mayor rendi-

miento respecto a los 50 cm entre surco, tal como se determinó en un año normal como fue el primero.

Estos resultados corroboran las aseveraciones de algunos productores de Anzaldo, quienes indican que es necesario cerrar los surcos para mantener la humedad del suelo.

En resumen, la mejor distancia de siembra para un año normal en Anzaldo fue 50 cm entre surco y si se espera un año seco, se podría acortar la distancia hasta a 40 cm. Afortunadamente, con un buen manejo de la yunta, arado tradicional y parcelas con pendientes menores, es posible lograr la apertura de surcos de hasta 40 cm, es muy difícil lograr menores distancias con este tipo de arado.

En el Cuadro 2 se observa también que existe diferencias estadísticas para las distancias entre surcos en los otras variables; así hay mayor número de vainas por panoja principal cuando se siembra a 40 cm, 50 cm, 60 cm, comparado con la siembra a 30 cm. Al respecto Vallejos *et al.* 2003, al evaluar diferentes genotipos de lupinos, encontraron que la mejor distancia de siembra está entre 20 y 30 cm.

**Cuadro 2.** Efecto de la densidad de siembra sobre los componentes de rendimiento de tarwi en Tijraska (ciclo agrícola 2015-2016)

Distancia entre surcos	Rendimiento (t/ha)	Número de plantas / m <sup>2</sup>	Número de vainas por panoja
30 cm	0,29 ab	33,3 A	10,3 b
40 cm	0,38 a	25,0 B	14,0 a
50 cm	0,24 b	20,0 BC	12,8 a
60 cm	0,11 c	16,7 C	12,1 a
<b>Promedio</b>	<b>0,26</b>	<b>23,8</b>	<b>12,3</b>

Letras iguales, por columna y variable, son estadísticamente iguales al 95% de probabilidad

### **Evaluación participativa de la densidad de siembra de tarwi**

La Figura 1 muestra diferentes evaluaciones participativas de la densidad de siembra de tarwi, realizadas por mujeres y hombres de Anzaldo, en dos años consecutivos.

El Cuadro 3 muestra los resultados de esta evaluación. El criterio de los agricultores respecto a la preferencia de distancia de siembra, se encuentra entre los 50 cm y 70 cm entre surco, aunque en gran parte prefieren la distancia de surco de 50 cm, debido a que el cultivo cubre toda la

superficie del suelo, mantiene la humedad del suelo, evita la proliferación de malezas y reduce el posible acame de las plantas por el viento.

En cambio no prefieren distancias de siembra mayores a 90 cm, debido a que el suelo queda descubierto, permitiendo la evaporación y la proliferación de malezas y el posible acame de las plantas.

Asimismo, creen que el rendimiento será menor cuando las distancias de surco son mayores, aspecto que se corroboró posteriormente.



**Figura 1.** Evaluación participativa de la densidad de siembra de tarwi en las ecoregiones “planicie alta seca” (Muña Mayu) y “ladera media” (Tijraska) de Anzaldo (ciclos agrícolas 2014-2015 y 2015-2016)

**Cuadro 3.** Evaluación participativa de la densidad de siembra en tarwi (Anzaldo, 2014 a 2016)

Práctica	Bueno: 50 cm	Regular: 70 cm	Malo: 90 cm
<b>Densidad de siembra:</b>	- Suelo cubierto.		- Suelo descubierto.
	- Mantiene la humedad.	- Existe poca cantidad de maleza.	- No mantiene la humedad.
	- No deja crecer malezas.	- No cubre totalmente el suelo.	- Hay mayor cantidad de malezas.
	- Evita el acame de plantas porque se apoyan entre ellas.		- Plantas muy separadas. - La planta podría caerse.

**b) Aporque de tarwi**

El Cuadro 4 presenta los resultados del efecto del aporque en el rendimiento y otros componentes de rendimiento del cultivo de tarwi, en un año normal, con 450 mm de lluvia (2014-2015) y en las dos ecoregiones indicadas.

El aporque tiene su efecto en la productividad del cultivo de tarwi en dos de las tres comunidades donde se evaluó esta práctica.

Las condiciones de la ecoregión “ladera media” (comunidad Tijraska), donde no hubo efecto del aporque, se deben a la calidad de sus suelos, que se caracterizan por ser más profundos (20 cm a 30 cm) y más fértiles (0,8% a 1,2% de materia orgánica), respecto a la ecoregión “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu), que tiene suelos menos profundos (15 cm a 20 cm) y menos fértiles (0,26% a 0,8% de materia orgánica).

Las plantas de tarwi tienen raíz pivotante, esta característica les permite anclarse bien en el suelo, principalmente en suelos profundos. Aparentemente esta ventaja influye en los agricultores para no reali-

zar el aporque, asimismo, el costo adicional que implica.

**Evaluación participativa del aporque de tarwi**

El Cuadro 5 muestra información sobre la evaluación participativa del aporque de tarwi, realizada por agricultores de Anzaldo.

En general se valora positivamente esta práctica, porque favorece las condiciones para una mayor productividad, pero algunos productores no piensan realizarlo por el tiempo y costo adicional que significa realizarla.

Indican que las plantas con aporque fueron más altas, por lo tanto podrían producir mayor cantidad de panojas/planta y en consecuencia mayor rendimiento. Asimismo, indican que el aporque podría evitar el acame de las plantas, especialmente en suelos superficiales.

Contrariamente las plantas sin aporque, presentan menor desarrollo, especialmente en las primeras etapas, afectando la formación de panojas.

**Cuadro 4.** Efecto del aporque en el rendimiento de tarwi y en sus componentes de rendimiento, en dos eco regiones: “planicie alta y seca” (Muña Mayu y Torancali) y “ladera media” (Tijraska) en Anzaldo (ciclo agrícola 2014-2015)

Rendimiento (t/ha)			
Tratamiento	Muña Mayu	Tijraska	Torancali
CON aporque	0,97 a	1,53 A	0,5 a
SIN aporque	0,53 b	1,33 A	0,2 b

Peso de 100 granos (g)			
Tratamiento	Muña Mayu	Tijraska	Torancali
CON aporque	60,6 a	--	--
SIN aporque	58,7 b	--	--

Panojas primarias por planta			
Tratamiento	Muña Mayu	Tijraska	Torancali
CON aporque	3,6 a	--	--
SIN aporque	1,8 b	--	--

Panojas secundarias por planta			
Tratamiento	Muña Mayu	Tijraska	Torancali
CON aporque	2,5 a	--	--
SIN aporque	0,7 b	--	--

Letras iguales, por columna y variable, son estadísticamente iguales al 95% de probabilidad

**Cuadro 5.** Evaluación participativa del aporque por agricultores de Anzaldo (n = 45) en el ciclo agrícola 2014-2015

Práctica	Bueno	Regular	Malo
 <p><b>Evaluación participativa del aporque:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El aporque ayuda a crecer más a las plantas.</li> <li>- El aporque evita el acame.</li> <li>- Con aporque hay mayor cantidad de panojas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No todos tienen tiempo para realizar el aporque.</li> <li>- El aporque tiene mayor costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sin aporque las plantas no crecen totalmente.</li> <li>- Sin aporque las plantas se pueden caer.</li> <li>- Sin aporque las plantas tienen menos panojas.</li> </ul>
	 <p><i>Plantas con aporque</i></p>		 <p><i>Con y sin aporque</i></p>

## Conclusiones

### a) Densidad de siembra de tarwi

- Bajo condiciones normales de precipitación (450 mm) de la región andina semiárida del municipio de Anzaldo (Cochabamba), la mejor distancia entre surco para la siembra de tarwi, es de 50 cm, respecto a 70 y 90 cm.
- Para esta misma región y bajo condiciones de sequía (270 mm), es posible reducir la distancia de siembra hasta 40 cm entre surco, aspecto que permite una mayor productividad respecto a distancias, entre surco, mayores y menores.
- Las evaluaciones participativas, muestran la preferencia de siembra a 50 cm entre surco, debido a que el cultivo cubre toda la superficie del suelo, manteniendo la humedad del mismo y evitando la proliferación de malezas y el posible acame de las plantas a causa del viento.

### b) Aporque de tarwi

- La práctica del aporque logra incrementar la productividad del cultivo de tarwi, especialmente en aquellas parcelas de suelos poco profundos.
- Los componentes de rendimiento más afectados por el aporque son el peso de granos, número de panojas principales y panojas secundarias.
- La evaluación participativa del aporque de tarwi, valora positivamente esta práctica porque favorece las condiciones para una mayor productividad, pero algunos productores no piensan realizarla por el tiempo y costo adicional que implica.

## Referencias citadas

- Ashby J. 1991. Manual para la evaluación de tecnologías con productores. Proyecto de Investigación Participativa en Agricultura (IPRA). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 102 p.
- Baer E. 1986. El cultivo del lupino. El campesino. Chile. 117(6): 21-34.
- Barrientos L., Montenegro A., Pino N. 2002. Evaluación de la fijación simbiótica de nitrógeno de *Lupinus albus* y *Lupinus angustifolius* en un Andisol. Vilcun del Sur de Chile. Revista Terra Latinoamericana. Vol. 20 (1): 39-44.
- Caicedo C., Peralta E., Murillo A., Rivera M., Pinzón J. 1999. Información técnica de la variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) INIAP450 ANDINO, para la Zona Centro y Norte de la sierra ecuatoriana. Quito, Ecuador. 16 p.
- Crespo L., Bonifacio A., Quispe R., Gandarillas A. 2018. Las plagas del tarwi y su manejo. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Espinoza Y., Lozano Z., Velásquez L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Vol. 32. pp. 554-559.
- Gandarillas A., Vallejos J., Mamani P. 2018. El tarwi: Un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.

- INIA (Instituto de investigaciones Agropecuarias). 2009. Producción de Canola, Lupino y Arveja en la pre cordillera Bio Bio y el secano costero de la provincia de Arauco. Boletín 188. Chillan, Chile. pp. 24-33.
- Mujica A., Sven E., Ortiz R., Canahua A., Galvez N., Apaza V. 2001. Investigaciones en tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú. 57 p.
- Plata G., Gandarillas A. 2018. Enfermedades que afectan al cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAYP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Ravelo A., Planchuelo A. 2003. Aptitud agroecológica de la pradera pampeana Argentina para el cultivo de lupino blanco (*Lupinus albus* L.). Agriscientia. Vol. 20: 35-44.
- Sivila de Cary R., Herve D. 2006. Efecto de leguminosas nativas en terrenos de descanso sobre la microbiota del suelo durante un cultivo de papa (Altiplano Central Boliviano). Ecología en Bolivia. Vol. 41 (3): 154-166.
- Soto J., Correa C., Romero C., Paz H., Cisneros R. 2015. Drought stress in provenances of *Lupinus elegans* from different altitudes. Madera y Bosques. Xalapa, México. Vol. 21 (1): 35-43.
- Sven E., Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. Revista Botánica Económica de los Andes Centrales. La Paz, Bolivia. pp. 458-482.
- Vallejos E., Silva P., Acevedo E. 2003. Evaluación del rendimiento de nueve genotipos de lupino en la zona central. Tesis de licenciatura. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 69 p.

Trabajo recibido el 22 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 19 de junio de 2018

*Promotor de crecimiento, biofertilizante y biofungicida*

# Tricobal-L



**Tricobal - L** contiene cepas nativas de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma koningiopsis*, aisladas en diferentes zonas de Bolivia. Sus principales características son:

- Promueve el crecimiento de la planta (engrosamiento de tallos y estimula el crecimiento de raíces).
- Protege de enfermedades de suelo.
- Activa la resistencia natural de la planta
- Incrementa el rendimiento y la calidad del producto cosechado.

OFICINA CENTRAL COCHABAMBA: Av. Elías Meneces s/n Km 4 (Zona El Paso)  
Telf./Fax: (591-4) 4319522 • [www.biotopbolivia.org](http://www.biotopbolivia.org)

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

## Respuesta del tarwi a la inoculación con cepas de rizobias aisladas de plantas silvestres y cultivadas de *Lupinus* a nivel de invernadero

Omar Mollinedo; Marlene Angulo; Noel Ortuño\*

Fundación PROINPA - \* Actualmente Docente de la FCAYP - UMSS

E mail: m.angulo@biotopbolivia.org

**Resumen.** Las bacterias de *Rhizobium* inciden hasta un 90% en los rendimientos del cultivo de tarwi, por eso es necesario determinar el efecto de aislamientos de *Lupinus mutabilis* Sweet y *Lupinus* spp. en el desarrollo del tarwi y tener conocimiento de aislamientos de bacterias simbióticas. Fueron aisladas, seleccionadas e inoculadas diferentes cepas de rizobias, a partir de ocho aislamientos de tarwi cultivado, en la comunidad de Jutilaya (La Paz); dos aislamientos de tarwi silvestre provinieron de Punamá (La Paz) y Challapata (Oruro), se inocularon y evaluaron en condiciones de invernadero; utilizando un diseño de Bloques Completos al Azar, con 4 repeticiones. El aislamiento de tarwi cultivado T1 es el que más destacó en las principales variables agronómicas, como altura de planta, diámetro del cuello del tallo, materia seca de planta, materia seca de nódulos y número de vainas. El aislamiento de tarwi silvestre que más destaca es T9, especialmente en el incremento de la materia seca de planta, número y materia seca de nódulos y número de vainas. Los aislamientos que favorecieron el rendimiento de vaina, fueron aquellos provenientes de tarwi cultivado, como T1, T3, T6 y el aislamiento T9, proveniente de tarwi silvestre. Tomando en cuenta todas las variables, se seleccionaron los aislamientos T1 y T10, por tener las mayores medias en variables agronómicas, frente al testigo y al resto de los tratamientos.

**Palabras clave:** Bacterias de *Rhizobium*; Inoculación; FBN

**Summary.** Tarwi response to inoculation with strains of isolated rhizobia from wild and cultivated *Lupinus* plant at greenhouse level. The *Rhizobium* bacteria affect up to 90% in tarwi crop yields; that is why, it is necessary to determine the effect of *Lupinus mutabilis* Sweet and *Lupinus* spp. isolation in tarwi development and to have knowledge of symbiotic bacteria isolations. In the community of Jutilaya (La Paz), different strains of rhizobia were isolated, selected and inoculated, from eight isolates of cultivated tarwi. Two isolates of wild tarwi coming from Punamá (La Paz) and Challapata (Oruro), were inoculated and evaluated under greenhouse conditions, using a Complete Randomized Blocks Design, with 4 repetitions. The isolation of T1 cultivated tarwi is the one that stood out within the main agronomic variables, due to its plant height, diameter of the stem neck, dry matter of the plant and nodules and number of pods. The wild tarwi isolation that stands out is T9, especially in the increase of dry matter of plant, number and dry matter of nodules and number of pods. The isolates that favored the pod yield were those from cultivated tarwi, such as T1, T3, T6 and the T9 isolate, from wild tarwi. Taking into account all the variables, the isolates T1 and T10 were selected, because they had the highest means in agronomic variables, compared to the witness and the rest of the treatments.

**Keywords:** *Rhizobium* bacteria; Inoculation; FBN

## Introducción

El mal manejo de los suelos agrícolas durante décadas, y el uso excesivo de agroquímicos, han conducido a un desequilibrio de la ecología microbiana del suelo, lo que se manifiesta en la degradación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas y en la disminución de la eficiencia de mineralización y humificación de la materia orgánica del suelo y el incremento de la incidencia de enfermedades radiculares (Soriano y Gonzales 2012).

La Fundación PROINPA está promoviendo la difusión de este cultivo en Bolivia, viendo sus ventajas en la mejora de los suelos, en el incremento de la productividad de los sistemas de cultivos y sobre todo considerando su valor alimenticio para favorecer a las familias locales (Gandarillas *et al.* 2018).

Se conoce muchos grupos de microorganismos benéficos, que son aplicados a las semillas, tubérculos y al suelo, que son capaces de colonizar las raíces de las plantas, estimulando el crecimiento y rendimiento de los cultivos (Soriano y Gonzales 2012). Estos microorganismos son conocidos como rizo bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR).

El presente estudio considera a las bacterias fijadoras del nitrógeno atmosférico pertenecientes al género *Rhizobium*, que presentan simbiosis específica con el simbionte (Sucojayo *et al.* 1998) y bacterias específicas que fijan nitrógeno atmosférico a través de la formación de nódulos en las raíces de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. El objetivo del trabajo fue evaluar y seleccionar aislamientos de rizobias de plantas cultivadas y silvestres de lupinos, que mejoren

el crecimiento y la productividad del cultivo de tarwi, en condiciones de invernadero.

En Bolivia el tarwi es cultivado en los departamentos de Potosí, La Paz, Cochabamba y Chuquisaca, desde los 2000 hasta los 3800 msnm. La producción nacional de tarwi, para el año 2008, alcanzó 1208 TM. El rendimiento de tarwi a nivel nacional es de 1895 kg/ha (Gandarillas *et al.* 2018).

Desde hace más de veinte años, en Bolivia se emplea tecnología viable en la agricultura a través de la *Fijación Biológica de Nitrógeno* (FBN), fruto de la relación de simbiosis de bacterias del género *Rhizobium* con especies leguminosas (Mamani y Calisaya 2018).

La inoculación de semillas de leguminosas de interés agrícola, como en el caso de tarwi, es una alternativa para elevar los rendimientos de esta especie y a la vez mejorar la fertilidad y la estructura de los suelos (Campero 2000).

El uso de aislamientos nativos de rizobias inoculados artificialmente, representa la posibilidad de gestionar la fertilización biológica del cultivo, mediante el uso de biofertilizantes, con la finalidad de suplementar el nitrógeno, así como también, activar procesos bioquímicos adicionales, asociados con otros microorganismos presentes en el suelo.

De esta forma, se puede incrementar la disponibilidad de otros nutrientes y sustancias promotoras del crecimiento (Rodríguez y López 2009).

Para el aprovechamiento de los microorganismos, es importante tener conocimientos acerca de las bacterias nativas presentes en el cultivo de tarwi, debido a

que han sido poco estudiadas en el país y representan una oportunidad en el incremento del desarrollo de los cultivos y para el manejo de suelos, desde el punto de vista del reciclaje de nutrientes y como rotación de cultivos.

## Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en el *Centro de Facilidades para la Investigación y Capacitación* Quipaquipani, propiedad de la Fundación PROINPA. Quipaquipani se encuentra a 4 km al sur de Viacha y 41 km de la ciudad de La Paz, a 16°40'26.5" de latitud Sur, 68°18'58" de longitud Oeste y a una altitud de 3881 msnm.

### *Aislamiento de bacterias*

Se tomaron muestras de raíces con nódulos de plantas de tarwi, provenientes de Jutilaya, Punamá (provincia Camacho, La Paz) y Challapata (provincia Abaroa, Oruro).

Para el aislamiento de las rizobias, los nódulos fueron desinfectados y colocados en bolsas de polietileno, donde se añadió 1 ml de solución salina para su maceración. De cada solución macerada se extrajo 100 µl que luego se colocaron en tubos Ependorff con 900 µl de solución salina, para realizar las diluciones seriadas ( $10^{-2}$  a  $10^{-3}$ ). Luego se tomó una muestra de 100 µl de la dilución  $10^{-3}$  y se transfirió a una placa Petri con medio LMA (extracto de levadura manitol agar) donde se dispersó las bacterias para luego sellar las placas.

Estas se incubaron a 28°C por 24 horas, colocándolas en posición invertida para evitar la condensación del agua sobre la superficie del medio.

### *Implementación del ensayo*

Para la multiplicación de los aislamientos, se prepararon diez matraces Erlenmeyer (de 25 ml) que contenían 15 ml de medio de cultivo líquido LM (levadura manitol). Cada matraz se inoculó con un aislamiento diferente.

El sustrato de siembra estaba conformado por turba, arena y suelo agrícola del lugar, en una proporción 2:2:1. Fue esterilizado con vapor de agua durante una hora a 120°C, luego colocado en bolsas de plástico (29cm \* 20 cm) los cuales fueron dispuestos dentro el invernadero a manera de macetas.

Con las manos apropiadamente desinfectadas con alcohol al 70%, se sembraron tres semillas de tarwi por cada bolsa.

La inoculación con cada aislamiento consistió en la aplicación de 500 µl ( $1/2$  ml) del inóculo al cuello de cada planta, cuando estas presentaban de 2 a 4 hojas verdaderas. Para una unidad experimental, que consistía en cuatro bolsas o macetas, se utilizaron 2000 µl (2 ml) de un inóculo (tratamiento) y para las cuatro repeticiones de cada inóculo se utilizó 8000 µl (8 ml). Al testigo solo se aplicó 500 µl de agua estéril por planta (bolsa o maceta).

Se utilizó el diseño experimental de Bloque Completamente al Azar, con 4 repeticiones, 11 tratamientos (10 aislamientos, 1 testigo sin aplicación -Cuadro 1-).

Cada unidad experimental (4 bolsas con dos plantas de tarwi cada una), fueron distribuidas aleatoriamente al interior de cada bloque.

**Cuadro 1.** Tratamientos del ensayo

Comunidad	Código del aislamiento	Código del tratamiento
Jutilaya	*RH1	T1
	*RH2	T2
	*RH3	T3
	*RH4	T4
	*RH5	T5
	*RH6	T6
	*RH7	T7
	*RH8	T8
Punama	**RHS1	T9
Challapata	**RHS2	T10
--	TESTIGO (sin inóculo)	T11

\*RH: Rizobia de tarwi cultivado

\*\*RHS: Rizobia de tarwi silvestre

Las variables de respuesta fueron:

- Caracterización bioquímica de las rizobias aisladas
- Altura de planta
- Diámetro de cuello
- Materia seca vegetal (%)
- Longitud, peso, y volumen radicular
- Número de vainas
- Materia seca de nódulos
- Rendimiento en vaina verde

## Resultados y discusión

### DESARROLLO DE COLONIAS EN MEDIO DE CULTIVO

Se observó que todos los aislamientos de tarwi cultivado (*Lupinus mutabilis* S.) y tarwi silvestre (*Lupinus* spp.) presentaron morfología macroscópica típica del géne-

ro *Rhizobium*, desarrollando colonias transparentes o blanquecinas y de consistencia mucilaginosas, en el medio de cultivo LMA.

Estas mismas características fueron descritas por Chincheros (1996) y Pérez *et al.* (2008), quienes obtuvieron aislamientos de leguminosas, a los cuales los caracterizaron como bacterias de crecimiento rápido, que formaban colonias grandes y de aspecto mucoso en medio LMA, comunes en las especies de los géneros de crecimiento rápido *Rhizobium* y *Sinorhizobium*, que forman parte de la familia Rhizobiaceae que se caracteriza por presentar colonias grandes, circulares, blancas o de color beige, convexas, semi traslúcidas y mucilaginosas.

Mediante las características estudiadas en el presente trabajo, no fue posible diferenciar estos dos géneros, ya que no existían diferencias fenotípicas entre ellos debido a su cercanía filogenética.

### CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DE LAS RIZOBIAS AISLADAS

**Prueba por reacción ácida o alcalina del medio.** En la prueba por reacción ácida o alcalina del medio, se observó que los aislamientos reaccionaron de manera diferente, generando un cambio en el pH debido a la acidificación del medio por la bacteria, cambiando de un color inicial verde (pH neutro) a un color amarillento (pH ácido), presentándose en 9 de los 10 aislamientos con un porcentaje superior (90,9%).

Aislamientos obtenidos de nódulos de soya, presentaron las mismas características al diferenciar bacterias del género *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*, presentado pH bajos y pH altos, respectivamente (Sadovsky *et al.* 1983).

**Prueba de tinción de Gram.** De acuerdo a la prueba de tinción diferencial de Gram, se observó que las bacterias de los diez aislamientos se tiñeron de color rosa, característica propia del género *Rhizobium*, debido al tipo de pared celular delgada.

Según Chincheros (1996), esta coloración se debe al colorante safranina que tiñe a bacterias Gram negativas, esta característica es una forma de identificación a los géneros *Rhizobium*.

### VARIABLES AGRONÓMICAS

El Cuadro 2 presenta los valores medios de las cinco variables agronómicas de respuesta para todos los tratamientos evaluados.

**Altura de planta.** El análisis de varianza para la variable altura de planta, indica que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos (P: 0,001). De acuerdo al Cuadro 2, el aislamiento que permitió una mejor altura de planta fue

T1, el mismo que proviene de tarwi cultivado. Le siguen en efecto los tratamientos T6 y T7 y luego T2, T3 y T5. El resto de los aislamientos tuvieron un efecto similar al testigo sin inoculación.

El efecto de la inoculación también fue observado por Alsina *et al.* (2008), al utilizar un aislamiento de colección (*Rhizobium lupini*), un aislamiento comercial y un testigo sin inocular, en tres diferentes variedades de tarwi, obteniendo como resultado un efecto diferenciado en la altura de planta, por el aislamiento de colección y el aislamiento comercial, frente al testigo. Chincheros (1996), observó los mismos efectos de 5 aislamientos, hasta los 65 días del cultivo de tarwi.

**Diámetro de cuello.** El análisis de varianza para diámetro de cuello muestra diferencias estadísticas (P: 0,0001) entre tratamientos. Los aislamientos que permitieron incrementar el diámetro de cuello, fueron T1 y T6 (Cuadro 2), ambos provenientes de tarwi cultivado.

**Cuadro 2.** Valores promedio para cinco variables agronómicas evaluadas

Código de tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro del cuello (mm)	Materia seca vegetal (%)		Número de vainas por planta	Rendimiento en vaina verde (kg/ha)
			A floración	A cosecha		
T1	102.8 a	5.2 a	14.8 a	15.4 a	12 a	615 a
T2	88.7 c	4.9 b	14.5 a	13.6 b	5 b	243 b
T3	90.5 c	4.6 b	14.9 a	13.6 b	8 b	374 a
T4	82.0 d	4.6 b	14.6 a	19.8 a	12 a	225 b
T5	90.6 c	4.5 b	14.4 a	11.8 c	6 b	236 b
T6	95.9 b	5.0 a	14.6 a	15.2 b	7 c	300 a
T7	93.2 b	4.7 b	15.0 a	12.9 b	5 b	188 b
T8	83.2 d	4.4 b	14.4 a	12.1 b	5 b	185 b
T9	85.9 d	4.7 b	16.1 a	13.0 b	15 a	800 a
T10	78.2 d	4.2 b	14.3 a	9.9 c	5 b	175 b
T11	86.6 d	4.8 b	14.3 a	10.0 c	6 c	234 b

Valores medios con diferente letra, por columna, son estadísticamente diferentes (P: 0,05).

Estos resultados muestran que los aislamientos nativos podrían ser inductores de crecimiento en diámetro de tallo. El tratamiento T1 resalta, porque además de incrementar el diámetro, también incide en la altura de planta. El resto de los tratamientos tuvo un efecto similar al testigo sin inocular. Una de las condiciones para la fijación de N, es que debe producirse una rápida formación celular, lo que indica que la fijación de N está ligada al crecimiento, así mismo se ve reflejada en la relación C/N (Coyne 2000).

**Materia seca vegetal.** El análisis de varianza muestra diferencias significativas para la variable porcentaje de materia seca, evaluada a la cosecha (P: 0,0017) y no así en la evaluación de la misma variable al momento de floración (P: 0,097).

Los aislamientos que permitieron un mejor porcentaje de materia seca en la cosecha fueron T1 y T4 (17,76%), ambos provenientes de tarwi cultivado, seguido de T2, T3, T6, T7, T8 y T9 (11,43%), finalmente los aislamientos T10, T5 y el testigo sin inocular (10,5%) (Cuadro 2).

Al respecto, Alsina *et al.* (2008), muestran aumentos de la materia seca del 27% en las plantas, como efecto de la inoculación, esto se mantuvo durante los periodos de vegetación del cultivo de *Lupinus*. Chincheros (1996), también menciona que tres cepas de *Bradyrhizobium*, permitieron incrementos de la materia seca de tarwi en campo. Los aislamientos han tenido un efecto positivo en el incremento de la biomasa vegetal lo que seguramente está relacionado a una mejor fijación del N atmosférico.

**Longitud, peso y volumen de raíz.** No se pudo demostrar estadísticamente que los aislamientos tengan un efecto en la longi-

tud, peso y volumen de raíz. La falta de influencia de los aislamientos en el desarrollo de la raíz, sugiere que son selectivos como promotores de crecimiento, para la parte aérea de la planta, por lo que estos parámetros de evaluación no son determinantes para evaluar el efecto de los aislamientos.

**Número de vainas por planta.** Existen diferencias estadísticas significativa (P: 0,001) por efecto de los aislamientos. Las cepas que promovieron un mayor número de vainas fueron T1, T4 y T9 con un promedio de 12 vainas por planta. Los dos primeros provienen de tarwi cultivado, a diferencia del último, que proviene de tarwi silvestre (Cuadro 2). Estos resultados muestran que estos aislamientos son altamente promisorios para el incremento del número de vainas, en comparación a T3, T5, T6, T8, T10 y el testigo, con un promedio de 6 vainas por planta, seguido de T2 y T7, con un promedio de cuatro vainas por planta.

El número de vainas esta positivamente relacionado con el rendimiento debido a que es un componente muy importante del mismo. Deaker *et al.* (2004) al inocular con rizobias, además de incrementar la nodulación, lograron incrementar también el rendimiento hasta en más del 25%.

**Rendimiento en vaina verde.** Esta variable se expresó en kg/ha, proyectando el dato de las 4 plantas al número de plantas por metro cuadrado de acuerdo a la densidad de siembra acostumbrada en campo. Para esta variable existen diferencias significativas por efecto de los aislamientos. Así T1, T3, T6 y T9 promovieron los mayores rendimientos en vaina verde que oscilaron entre 801.73 kg/ha a 298.08 kg/ha. Los tres primeros corresponden a aislamientos de tarwi cultivado y silves-

tre, respectivamente. El efecto de los demás aislamientos y el testigo oscilaron entre 246 a 170.14 kg/ha (Cuadro 2).

Chincheros (1996), encontró un aislamiento promisorio (LC-TIQ 293) de *Bradyrhizobium*, inoculado en el cultivo de tarwi en condiciones de campo, que permitió incrementar el rendimiento en grano.

El número de vainas y el rendimiento están altamente relacionados, los aislamientos T1 y T9, fueron los que se expresaron en ambos casos, una alta relación simbiótica reflejada en el desarrollo de las vainas, debido a los buenos niveles de nitrógeno almacenado por la planta, a través de los nódulos efectivos de las raíces, los mismos podrían ser tomados en cuenta como altamente promisorios para futuros ensayos en condiciones de campo.

### VARIABLES LIGADAS A NODULACIÓN EN RAÍCES

**Número de nódulos.** Existen diferencias significativas en el número de nódulos por efecto de los aislamientos (P: 0,001).

El mayor número de nódulos (Cuadro 3), se obtuvo en la etapa de floración, debido a que la actividad simbiótica entre las plantas y bacterias es muy elevada, en comparación a la etapa de cosecha, donde el desarrollo culmina y la actividad simbiótica disminuye rápidamente.

Según León *et al.* (2001), entre las principales variaciones “suelo, inoculante y especie”, el que produjo mayor variación sobre el número de nódulos es el suelo y el inoculante. A la floración, los aislamientos que lograron un mayor número

de nódulos a nivel general, fueron el T3, T6 y T10 con un valor promedio de 9 nódulos/planta, los dos primeros provenientes de tarwi cultivado y los otros de tarwi silvestre.

Los demás aislamientos se comportaron igual al testigo sin inocular, con un valor promedio medio de 5 nódulos/planta. A la cosecha, los aislamientos T1, T10, T3, T4, T6, T7, T9, incluyendo el testigo, tuvieron un efecto similar debido posiblemente a la disminución natural del número de nódulos en esta etapa.

Chincheros (1996), en condiciones de campo, también encontró diferencias en el número de nódulos evaluados en dos fechas (antes y después de la floración). Por otro parte el mismo autor indica que la presencia de nódulos en las raíces del testigo, se debe a la población nativa existente en el suelo, que puede ser altamente competitiva en la formación de nódulos, pero poseen baja eficiencia fijadora de nitrógeno.

El número de nódulos es un indicador de infectividad de las bacterias en las raíces del cultivo, donde los aislamientos T3, T6 y T10, respondieron con una alta formación y número de nódulos, atraídos por los exudados de las plantas. Sin embargo, esto no fue reflejado en el desarrollo de la planta, mostrando así una baja eficiencia en la fijación del nitrógeno.

**Materia seca de nódulos.** El porcentaje de materia seca de nódulos, a nivel general, no fue diferente entre los aislamientos, pero sí hubo variación en las dos etapas fenológicas del cultivo (Cuadro 3), obteniéndose mayor peso de nódulos en la etapa de floración.

**Cuadro 3.** Valores promedio para dos variables a nivel de nodulación en raíces, en dos momentos fisiológicos de desarrollo de tarwi en invernadero

Código de tratamiento	Número de nódulos		Materia seca de nódulos (%)	
	A floración	A cosecha	A floración	A cosecha
T1	5 b	5 a	24.5 a	17.5 a
T2	5 b	1 b	17.1 c	17.5 a
T3	8 a	5 a	27.2 a	16.7 a
T4	4 b	4 a	20 b	17.2 a
T5	6 b	2 b	24.5 a	18.2 a
T6	10 a	5 a	20.3 b	17.4 a
T7	3 c	4 a	24.7 a	17.8 a
T8	4 b	2 b	19.8 b	19.7 a
T9	3c	4 a	24.5 a	19.5 a
T10	8 a	4 a	23.8 b	15.0 b
T11	6 b	4 a	22.8 b	16.5 a

Valores medios con diferente letra, por columna, son estadísticamente diferentes (P: 0,05).



*Nódulo en raíces de tarwi (izquierda) y corte transversal de un nódulo (derecha)*

Los tratamientos con mayor materia seca de nódulos en la etapa de floración, fueron T1, T3, T5, T7 y T9, que presentaron un rango de 23,44% a 27,71%, donde el tratamiento T3, fue el que coincide con número de nódulos para la etapa de floración, esto indica que este aislamiento T3, además de formar mayor número de nódulos, puede producir mayor materia seca, demostrando una alta capacidad de simbiosis entre bacteria y planta.

Para la etapa de cosecha, en todos los tratamientos -incluyendo el testigo-, se obtuvo rangos menores a la floración, los mismos fueron de 16,2% a 19,4% de materia seca, excepto el tratamiento T10 que se encontró por debajo del testigo con 14,89%.

Según León *et al.* (2001), la interacción planta e inoculante (aislamiento), tuvo efectos significativos sobre la nodula-

ción, encontrándose diferencias en el peso seco de nódulos por planta, siendo el factor inoculante la principal fuente de variación, para el peso seco de nódulos por planta. Chincheros (1996), obtuvo diferencias en peso seco de nódulos/planta, en dos etapas de evaluación.

### AGRUPAMIENTO DE CLÚSTER

En base a todas las variables de respuesta, bajo un análisis de agrupamiento, se logró formar tres grupos, tal como se muestra en la Figura 1 y el Cuadro 4. De acuerdo a las medias grupales (Cuadro

4), se puede plantear las siguientes diferenciaciones:

⇒ El grupo 1 presenta las mejores características en cuanto a altura de planta, diámetro de hoja, volumen de raíz, número de nódulos, número de vainas, UFC (Unidades Formadoras de Colonias) y rendimiento.

⇒ El grupo 2 muestra dos características en materia seca vegetal (%) y longitud de raíz.

⇒ El grupo 3 se caracteriza por la materia seca de nódulos (%).

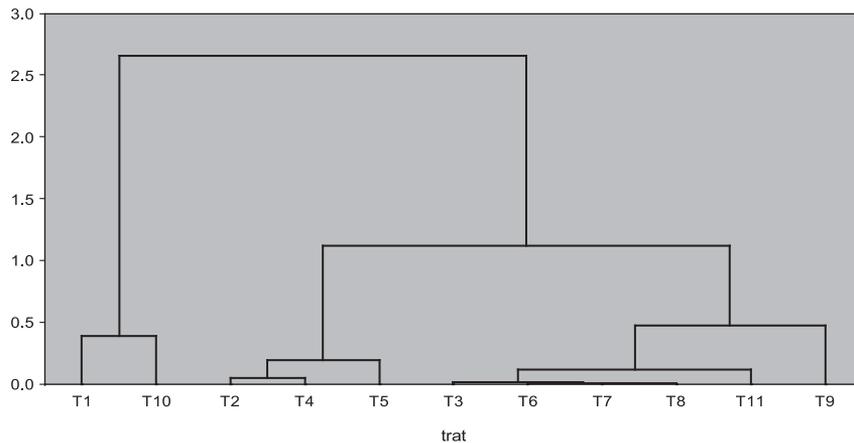


Figura 1. Agrupamiento de “CLUSTER”

Cuadro 4. Cuadro de medias de los grupos

Variables	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Altura de planta	90,47	87,09	89,19
Diámetro de cuello	4,66	4,66	4,67
Materia seca vegetal (%)	13,51	14,66	13,68
Longitud de raíz	8,20	10,47	8,98
Peso de raíz	5,40	5,63	5,68
Volumen de raíz	44,00	41,10	43,97
Número de nódulos	5,50	3,67	4,67
Materia seca de nódulos (%)	19,58	19,18	20,22
Número de vainas	7,50	6,67	6,83
Rendimiento	402,79	354,98	367,43

El grupo 1 está constituido por los tratamientos T1 y T10; el grupo 2 por los tratamientos T2, T4 y T5, finalmente el grupo 3 está conformado por el resto de los tratamientos, incluyendo al testigo.

Conforme a estos resultados, se seleccionó al grupo 1 como aislamientos promisorios para el desarrollo del cultivo de tarwi.

De acuerdo a los resultados de análisis de correlación, entre todas las variables, para el aislamiento 1 muestra resultados interesantes en el que destaca una correlación positiva y significativa ( $P: 0,0057$ ), entre materia seca de nódulos y número de vainas, lo que significa que cuando incrementa la materia seca de nódulos, incrementa también el número de vainas, aspecto altamente relacionado con el rendimiento.

Asimismo, en cuanto a la proporción del color de nódulos rosados, al incrementarse la misma, también se incrementa el número de vainas ( $P: 0,0458$ ).

El rendimiento y número de vainas (como era de esperarse) están altamente relacionados ( $P: 0,0001$ ).

## Conclusiones

- Los aislamientos seleccionados de *Lupinus mutabilis* Sweet y *Lupinus* spp., provenientes de zonas productoras de tarwi de La Paz y Oruro, presentaron características típicas del género *Rhizobium*, de acuerdo a su morfología macroscópica y pruebas bioquímicas.
- La mayoría de los aislamientos, provenientes tanto de tarwi cultivado como de tarwi silvestre, tuvieron efec-

to positivo sobre alguna variable agronómica, respecto al testigo sin inoculación.

- El aislamiento de tarwi cultivado T1, es el que más destaca en las principales variables agronómicas, tales como altura de planta, diámetro del cuello del tallo, materia seca de la planta, materia seca de nódulos y número de vainas. Otros aislamientos de tarwi cultivado, que también destacaron, fueron T3 y T6, especialmente en el incremento de la materia seca de planta y el número de nódulos. El aislamiento de tarwi silvestre que más destaca, fue T9, especialmente en el incremento de la materia seca de planta, número de nódulos, materia seca de nódulos y número de vainas.
- Los aislamientos que favorecieron en la principal variable agronómica como es el rendimiento de vaina, fueron aquellos provenientes de tarwi cultivado, es el caso de T1, T3, T6 y el aislamiento proveniente de tarwi silvestre T9.
- El análisis clúster, destaca a los aislamientos T1 y T10 porque agrupan las mejores características, como son altura de planta, diámetro de hoja, volumen de raíz, número de nódulos, número de vainas, número de UFC y rendimiento.

## Referencias citadas

- Alsina I., Steinberga V., Ansevia A., Dubova L., Liepina L. 2008. The evaluation of effectiveness of *Rhizobium lupini* strains. Latvia University of Agriculture Institution of Soil and Plant Sciences. Nitrogen use efficient and nitrogen budget for conservation tilled wheat J. Soil

- Science of America. Sep/Oct V. 52 (5): 1394-1398.
- Campero A. 2000. Selección en condiciones de invernadero de aislamientos de *Bradyrhizobium* para garbanzo. UMRPSFXCh. Facultad de Ciencias Agrícolas Pecuarias y Forestales. Sucre, Bolivia. pp. 1-2.
- Coyne M. 2000. Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Editorial Paraninfo. Impreso en España. Capítulos 19, 20, 21, 27, 28, 22. pp. 217-340.
- Chincheros J. 1996. Selección de aislamientos de *Bradyrhizobium lupini* a partir de plantas cultivadas de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. pp. 6-7.
- Deaker R., Roughley J., Kennedy R. 2004. Legume seed inoculation technology -a review-. Nitrogen Fixation in Australian Agricultural Systems: 13th. Australian Nitrogen Fixation Conference. Volume 36, Issue 8. pp. 1275-1288.
- León O., Silva Y., Acevedo E. 2001. Respuesta a la inoculación en dos especies de lupino (*Lupinus albus* L. y *Lupinus angustifolius* L.). Laboratorio de relación Suelo Agua Planta. Facultad de Ciencias. Agronómicas. Universidad de Chile. *En línea*. Disponible en: [www.sap.uchile.cl/descargas/publicacion/Respuesta\\_a\\_la\\_Inoculacion\\_en\\_Dos\\_Especies\\_de\\_Lupinus.pdf](http://www.sap.uchile.cl/descargas/publicacion/Respuesta_a_la_Inoculacion_en_Dos_Especies_de_Lupinus.pdf) 22/10/2013 Consultado en septiembre de 2017.
- Mamani P., Calisaya J. 2018. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras leguminosas como alternativas para recuperar los suelos y mejorar el sistema de rotación de cultivos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. 2018. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Pérez G., Gomez G., Napoles M., Morales B. 2008. Isolation and characterization of rhizobia strains isolated from different legumes in the Cascajal región, Villa Clara. Red de revistas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". *En línea*. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119699005> 22/12/2013 Consultado en noviembre de 2017.
- Rodríguez B., Lopez M. 2009. Evaluation of the biological fertilization on cowpea with native *Rhizobium* strains isolated from an ultisol in land plane Guarico state. INIA-CENIAP. Maracay, Estado Aragua. Venezuela. pp. 382, 383.
- Sadowsky M., Harold H., Ben Bohlool B. 1983. Biochemical characterization of fast and slow growing Rhizobia that nodulate soy beans. International Journal of Systematic Bacteriology. Vol. 33, Nro. 4: 716-722.
- Sucojayo L., Espinoza G., Chincheros J. 1998. Determinación de la capacidad infectiva de aislamientos de *Bradyrhizobium lupini* resistentes a estreptomomicina cultivadas en plantas de tarwi (*Lupinus mutabilis* y *Lupinus albus*). Instituto SELADIS, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 49-50.

Trabajo recibido el 14 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 18 de julio de 2018

# Enfermedades que afectan al cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia

Giovanna Plata; Antonio Gandarillas

Fundación PROINPA

E mail: g.plata@proinpa.org

**Resumen.** El tarwi no es un cultivo de importancia económica pero es menester reconocer las bondades de éste, tanto para el suelo como para la alimentación humana. El objetivo del estudio fue determinar las enfermedades que afectan al cultivo del tarwi, desde la germinación hasta la cosecha, en las diferentes eco regiones de Bolivia. La enfermedad más importante a nivel económico es la antracnosis, ocasionada por *Colletotrichum gloesporioides*, afecta hojas, tallos y vainas y se puede presentar desde fases iniciales, cuando la semilla está enferma. Anula el ápice principal, ocasionando la emisión de brotes laterales, por tanto baja el rendimiento y la calidad de semilla. En la germinación se presenta el *damping off* (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. y/o *Pythium* sp.) debido al ataque de barrenadores, trozadores y moscas que dañan el sistema radicular, facilitando el ingreso de los hongos antes mencionados. Otras enfermedades detectadas son de importancia secundaria, aunque por efecto del cambio climático, algunas pueden ocasionar serios daños en la planta. Estas enfermedades son las causadas por *Cercospora* sp., *Ascochyta* sp., *Sclerotinia esclerotiorum*, *Uromyces lupini*, *Peronospora trifoliorum*, *Pleiochaeta setosa* y *Phoma* sp. En cualquier fase de desarrollo también pueden presentarse síntomas ocasionados por virosis, que debido a la baja incidencia (menor al 5%), aún no han sido identificados.

**Palabras clave:** Fitopatología; Fungosis; Bacteriosis

**Summary. Diseases affecting tarwi crop (*Lupinus mutabilis*) in Bolivia.** Tarwi is not a crop of economic importance but it is necessary to recognize its benefits, both for soil and human consumption. The study objective was to determine the diseases affecting the tarwi crop, from germination to harvesting in different eco regions of Bolivia. The most important disease, at economic level, is anthracnose, caused by *Colletotrichum gloesporioides*, affecting leaves, stems and pods and can occur from early stages, when the seed is sick. It annuls the main apex causing the emission of side shoots; therefore, low yield and seed quality. In the germination, the *damping off* (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. and/or *Pythium* sp.) occurs due to the attack of borers, cutters and flies damaging the root system and facilitating the entrance of the aforementioned fungi. Other diseases detected are of secondary importance, although, due to climate change, some of them can cause serious damage to the plant. These diseases are caused by *Cercospora* sp., *Ascochyta* sp., *Sclerotinia esclerotiorum*, *Uromyces lupini*, *Peronospora trifoliorum*, *Pleiochaeta setosa* and *Phoma* sp. At any stage of developing, symptoms caused by viruses may also occur but, due to low incidence (less than 5%), have not yet been identified.

**Keywords:** Phytopathology; Fungal pathogens; Bacteria

## Introducción

El tarwi es una leguminosa que se cultiva en diferentes regiones de Bolivia en poca escala.

Por su capacidad de fijar nitrógeno, es una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos, en aquellas zonas con poca materia orgánica y baja fertilidad (Calizaya *et al.* 2018).

Su potencial socioeconómico está asociado a su contenido de proteína (50%), minerales y vitaminas de su grano (Gandarillas *et al.* 2018).

Al igual que otros cultivos no está exento del ataque de enfermedades fungosas, bacterianas y virósicas, que dependiendo de las condiciones ambientales reducen la población de plantas, desde la emergencia, durante el desarrollo y hasta la cosecha.

Existen enfermedades que además de afectar el rendimiento se transmiten mediante la semilla. En general, los productores de las diferentes zonas de producción (Tiraque, Anzaldo, Vacas, Colomi, Acasio, Puerto Carabuco, Tarabuco y otros) no realizan ningún manejo del cultivo para el control de las diferentes enfermedades.

Debido a la demanda del mercado por mayores volúmenes, en estos últimos años se han incrementado las áreas de producción, lo cual, combinado con los nuevos sistemas de producción y el cambio climático, ha dado origen a la aparición de nuevas enfermedades que no manejan los productores.

Por lo tanto, es importante realizar la caracterización de las enfermedades que

afectan al cultivo del tarwi en las diferentes fases fenológicas de cultivo, además determinar sus formas de diseminación, sobrevivencia y las condiciones ambientales que favorecen la multiplicación de estos patógenos.

Los objetivos del estudio fueron, identificar y caracterizar las enfermedades que afectan al cultivo de tarwi en las distintas zonas de producción, y categorizarlas por su importancia económica.

## Materiales y métodos

Se trabajó a partir de muestreos realizados en diferentes eco regiones del país (7 a 10 parcelas por eco región) en diferentes estadios del cultivo.

Las muestras con diferentes síntomas y/o signos, fueron llevadas al laboratorio para su procesamiento e identificación del agente causal de la enfermedad.

Se realizaron 3 a 4 visitas en campo: durante la emergencia, dos durante el desarrollo y antes de la cosecha (Figura 1).

Se realizó un recorrido por toda la parcela con el objeto de identificar plántulas y plantas enfermas; dependiendo de los síntomas y signos, se recolectaron diferentes tejidos (follaje, tallo, raíces y vainas) y simultáneamente se tomaron fotografías.

Durante el muestreo no se observó la presencia de enfermedades bacterianas; sí se observó una baja incidencia de virosis pero en la medida que no se cuenta con antisueros específicos al cultivo, no se realizó la identificación correspondiente.



Figura 1. Diferentes momentos de muestreo

## Resultados y discusión

### *Enfermedades a la emergencia*

En ninguna de las zonas de producción de tarwi, los productores realizan tratamientos fitosanitarios a la semilla al momento de la siembra, por tanto durante la emergencia se observan fallas y muerte de plántulas, debido a la presencia de enfermedades radiculares ocasionadas por *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia solani*.

El síntoma característico, es un estrangulamiento a la altura del cuello de las plántulas (Figura 2) y como la plántula no recibe los nutrientes necesarios se torna amarilla, se marchita y finalmente muere.

Al momento del muestreo, se realizó una excavación y se pudo verificar que el problema, en algunos casos, se debió a la presencia de cortadores de suelo, moscas y en pocos casos a la presencia del picudo (*Apion* sp.) (Figura 3), que realizan pequeñas heridas que favorecen el ingreso de *Fusarium* que es un hongo oportunista.

Debido a que son varios los factores que influyen en la emergencia, se estima una muerte de plantas por *damping off* hasta en un 10%, este valor está sujeto principalmente a la humedad presente al momento de la emergencia.

En períodos secos, el ataque de plagas favorece el ingreso de hongos.

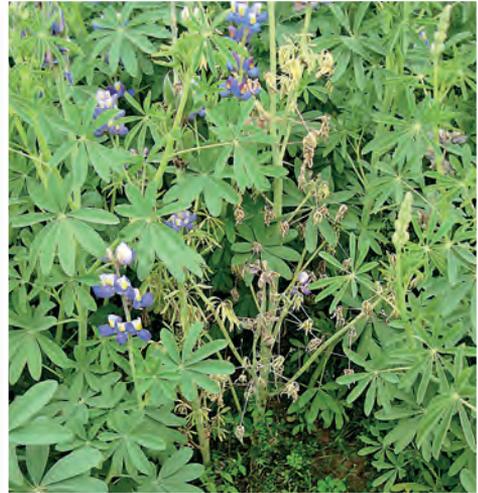


Figura 2. Plántulas de tarwi con estrangulamiento a la altura del cuello de la planta y posterior muerte (izquierda); amarillamiento y marchitamiento (derecha)



**Figura 3.** Larva de cortador alimentándose del cuello de la plántula de tarwi (arriba) y mosca en el interior del sistema radicular (abajo)

Cuando la planta sobrevive a la enfermedad, durante el desarrollo cualquier factor estresante activa nuevamente a la multiplicación del hongo, la planta se marchita, se amarillea progresivamente (Figura 4) y su rendimiento es bajo o nulo.



**Figura 4.** Diferentes grado de ataque de fusariosis en plantas en floración

***Enfermedades que se presentan durante el desarrollo: ramificación, floración, formación de vaina y madurez fisiológica***

A medida que las plantas se desarrollaron, se manifestó la enfermedad más importante y limitante del cultivo de *Lupinus*, la **antracnosis**, cuyo agente causal es *Colletotrichum gloesporioides*. Esta enfermedad ha sido reportada en Sudamérica, Sudáfrica, Nueva Zelanda y Australia (Yang y Sweetingham 1998).

Recientemente este patógeno ha sido re descrito mediante análisis de taxonomía tradicional y el uso de herramientas moleculares, como una nueva especie y corresponde a *Colletotrichum lupini* (Nirenberg *et al.* 2002). Al estudiar aislamientos de algunos países europeos y de Norte y Sudamérica de esta nueva especie, se distinguieron dos variedades diferentes: *C. lupini* var. *lupini* constituida por aislamientos obtenidos de Belarus, Bolivia, Canadá, Rusia y Ucrania y *C. lupini* var. *setosum* constituida por aislamientos provenientes de Brasil, Alemania, Países Bajos, Austria y Polonia.

La enfermedad afecta hojas, ápices, tallos y vainas. Se presenta en cualquier fase de desarrollo de la planta. Las condiciones que favorecen el desarrollo de la enfermedad son alta precipitación y temperatura. Las conidias se diseminan mediante lluvia, viento, insectos y herramientas de trabajo de campo.

En la emergencia, el síntoma característico pueden ser manchas hundidas con micelio color salmón, en algunos casos también afecta el talluelo. En fases más avanzadas se puede observar el tirabuzón (tallo enroscado), esta aparición temprana se debe al uso de semilla infectada (Figura 5).

Los síntomas más típicos se presentan a principios o durante la floración, en la parte aérea de la planta. En las hojas aparecen manchas cloróticas de forma irregular, con bordes de color rojizo a marrón; a medida que progresa la enfermedad, los foliolos se contraen (Figura 6), este síntoma es predominante en el ápice.

Si esto ocurre anula la formación del racimo floral y provoca que la planta emita brotes laterales. Cuando la enfermedad es severa puede ocasionar defoliación.

En los tallos se manifiestan como manchas necróticas alargadas, deprimidas, sobre las cuales aparece una esporulación de color salmón y en cuyo interior se observan unos puntos negros que corresponden a las estructuras de fructificación del hongo, llamadas acérvulos. Cuando la enfermedad afecta en la floración, deforma la estructura erecta de la flor (Figura 7), las vainas que se forman presentan manchas circulares o deformes (Figura 7), hundidas con el mismo tipo de esporulación que los tallos, el patógeno puede ingresar al interior de la baya y afecta la semilla (principal forma de diseminación de la enfermedad).



**Figura 5.** Lesión hundida en cotiledones y tallo y grano afectado por antracnosis



Figura 6. Síntoma característico en hojas (arriba) y en ápice (abajo)



Figura 7. Mancha alargada en tallo que ocasiona el doblamiento del tallo principal y síntomas en vaina

Los daños en semillas pueden ser disminución del calibre, alteración del color (manchas) y aumento de la humedad (disminución del tiempo de conservación), lo que afecta severamente la calidad del grano y baja su precio (Peñaloza 1997, INIAP 2001).

Otro problema que se presenta en el follaje, en todas las zonas productoras del tarwi, es la **roya**, ocasionada por *Uromyces lupini*.

En el envés de las hojas se observan pústulas anaranjadas, que dependiendo de la severidad y las condiciones ambientales, también puede observarse en el haz (Figura 8).

En el haz el síntoma característico es una mancha circular clorótica. La roya puede presentarse sola o asociada a otras enfermedades foliares como antracnosis, cercospora y virosis.



**Figura 8.** Presencia de roya en el haz y el envés de las hojas de tarwi

En Tiraque, en el período de floración, en una sola parcela se presentó la enfermedad conocida como **mancha café**, cuyo agente causal es *Pleiochaeta setosa*.

Esta enfermedad es de importancia económica en Chile (Véliz 2005, INIA 2009). Los síntomas son manchas irregulares de color café, localizadas al borde

de la lámina foliar; a medida que la enfermedad progresa, las manchas coalescen y la hoja se deshidrata (Figura 9).

Este síntoma puede ser observado en todas las hojas o simplemente en algunas. En algunos casos se observa marchitez de plantas, caída y posterior muerte.



**Figura 9.** Síntomas característicos de *Pleiochaeta setosa* en follaje y planta

El principal medio de transmisión del hongo son residuos de plantas infectadas. Las condiciones climáticas que favorecen al desarrollo de la enfermedad son las lluvias frecuentes, mal drenaje de los suelos y la excesiva frecuencia de tarwi en la rotación. Otro problema de poca importancia económica es la **cercosporiosis**, cuyo agente causal es *Cercospora*

sp. Su incidencia no supera el 10%. El síntoma característico es manchas circulares de color marrón oscuro, en las que se desarrollan anillos concéntricos; externamente se observa un halo clorótico (Figura 10). Las fructificaciones del hongo aparecen generalmente en el envés y se observan como pequeños corpúsculos negros (Figura 10).

A lo largo de los tallos se observan lesiones similares. En las vainas, se observan manchas deprimidas, irregulares, de color marrón claro. Las manchas coalescen formando lesiones grandes y deformes de color café rojizo negro, a lo largo de toda la vaina. El hongo se disemina por el viento, por el arrastre del salpicado producido por lluvias y a través de la semilla infectada. Las condiciones que favorecen su desarrollo son temperaturas moderadas a cálidas y alta humedad relativa, aunque se ha visto que el agua de rocío es suficiente para que las esporas germinen y den inicio al proceso de infección.



**Figura 10.** Síntomas característicos de *Cercospora* sp. en follaje

En las zonas de Tiraque, Anzaldo y Chuquisaca, sobre los tallos y vainas se presentan manchas alargadas extensas, de color negro, causadas por *Ascochyta* sp.

Internamente en la mancha se desarrolla un crecimiento micelial gris abundante y además dentro de la mancha se desarrollan picnidios (puntos negros). Cuando el ataque de este patógeno es severo, los tallos pueden necrosarse, produciendo el doblamiento de los mismos. Las condiciones óptimas de desarrollo es alta humedad del ambiente y se acentúa si existen granizadas. La humedad favorece la liberación de las conidias contenidas en los picnidios. Este hongo se disemina por el viento, insectos y por la salpicadura de la lluvia; también por semilla. El hongo continúa desarrollándose como saprófito en los residuos de las cosechas. La eliminación del rastrojo es una buena medida de control, además se recomienda la desinfección de la semilla y la rotación de cultivos con plantas no hospederas.

En la zona de Colomi también se observó *phomopsis* en tallos (Figura 11), para la cual se considera una pérdida hasta del 30%. La enfermedad tiene un efecto directo sobre el llenado de la vaina y peso de los granos (Golubev y Kurlovich 2006), debido a que se observa una muerte prematura de plantas. El síntoma principal en tallos es una necrosis longitudinal, que puede abarcar una parte o circundar todo el tallo, en su interior se observan picnidios negros, estos germinan y son dispersados por la salpicadura del agua de lluvia. Permanece en el rastrojo donde puede sobrevivir por al menos dos años. Otro problema observado sólo en Tiraque, con una incidencia baja, fue *esclerotinia* o pudrición blanca causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. La pudrición blanca se presenta en la base de los tallos, en forma de micelio algodonoso, que en poco tiempo se transforma en estructuras compactas de color negro (Figura 12) que corresponden a los esclerocios (estructuras de sobrevivencia).



**Figura 11.** Diferentes grados de avance de la mancha en tallo ocasionada por *phomopsis*



**Figura 12.** Síntomas característicos de *esclerotinia*

Los esclerocios son blancos y blandos al inicio, luego se ennegrecen, endurecen y pueden alcanzar tamaños superiores a 1 cm.

Los esclerocios son largos y aplanados, producen apotecios en los que se desarrollan ascosporas, las que se diseminan a través del viento y salpicaduras de agua.

Esta enfermedad afecta a la planta en cualquier estadio de desarrollo, el hongo necesita de altos niveles de humedad para su desarrollo, por lo que el buen drenaje de los suelos reduce significativamente la incidencia de esta enfermedad.

La recolección del rastrojo después de la cosecha e incineración de plantas afectadas, son las medidas más importantes en la prevención de esta enfermedad.

Otra sintomatología que se observa en campo, en una frecuencia menor al 5%, son plantas con síntomas virales: amarillamiento (Figura 13), clorosis, disminución del vigor de la planta, acortamiento de entrenudos y reducción de lámina en las hojas del tallo y abarquillamiento.

La literatura reporta como uno de los virus más frecuentes en lupinos a:

#### *Bean Yellow Mosaic Virus (BYMV)*

identificándolo como agente causal del *Mosaico Amarillo del Haba*, transmitido por áfidos (Mera 2016), *Virus del Mosaico de la Alfalfa (AMV)* y el *Virus del Mosaico de las Cucúrbitas (CMV)*.

En el área de trabajo reportada en el presente artículo, no se ha verificado serológicamente la presencia o ausencia de ninguno de los virus antes mencionados.



**Figura 13.** Amarillamiento en hojas de tarwi, síntoma más frecuente de virosis

## Conclusiones

- En Bolivia, las enfermedades que afectan al cultivo del tarwi son: *damping off*, antracnosis, roya, cercosporiosis, oidium, mancha café, mancha ojival y virosis.
- La enfermedad más importante en el cultivo del tarwi es la antracnosis, ocasionada por *Colletotrichum gloeosporioides* y se presenta en todas las zonas productoras del país. Por su importancia económica le siguen roya, mancha café, mancha ojival y *damping off*. La roya al igual que la antracnosis, es una enfermedad común a todas las regiones de cultivo, aunque no afecta severamente el rendimiento, afecta la fotosíntesis y ocasiona la caída de hojas cuando la severidad es alta.
- La presencia de mancha café y la mancha de tallo, sólo han sido observadas en Tiraque, en parcelas bajo riego. La mancha ojival se ha presentado solamente en Colomi.
- La incidencia de *damping off* depende de las condiciones ambientales favorables (alta precipitación) y la presencia de insectos cortadores. Para disminuir las pérdidas por enfermedades radiculares, se recomienda seleccionar

la semilla antes de la siembra, y si acaso es posible, se puede realizar el tratamiento con fungicidas sintéticos o biofungicidas (*Trichoderma* sp.).

- La semilla es fuente de inóculo para antracnosis, *ascochyta* y *damping off*.
- Económicamente las enfermedades más importantes en el cultivo del tarwi son: antracnosis, *damping off*, fusariosis y roya, las cuales pueden ocasionar pérdidas hasta del 50%.
- Las enfermedades virales, en condiciones locales, aún no se las considera como un factor limitante para la producción de semilla de tarwi.

## Referencias citadas

- Gandarillas A., Vallejos J., Mamani P. 2018. El tarwi: Un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia. Revista de Agricultura. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Golubev A., Kurlovich B. 2006. Lupins. Diseases and pests. *En línea*. Disponible en: <http://lupins-bk.blogspot.com.co/2006/07/diseases-and-pests.html> Consultado en septiembre de 2016.

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 2001. El cultivo del chocho *Lupinus mutabilis* Sweet: Fitonutrición, Enfermedades y Plagas en el Ecuador. Compilado y editado por Carlos Caicedo & Eduardo Peralta. Quito, Ecuador. pp. 18 - 28.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias). 2009. Producción de canola, lupino y arveja en la pre cordillera de Bio Bio y el secano costero de la provincia Arauco. Juan Tay Urbina (editor). Boletín 188. Chillán, Chile. pp. 54 - 59.

Mera M. 2016. Lupino dulce y amargo. Producción en Chile. Boletín INIA. Temuco, Chile. pp. 75 - 90.

Nirenberg H., Feiler U., Hagedorn G. 2002. Description of *Colletotrichum lupini* comb. nov. in modern terms. Mycologia (Alemania) 94 (2): 307-320.

Peñaloza H. 1997. El lupino para grano. **En:** Alternativas para la modernización y diversificación agrícola. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). pp. 213 - 220. Compendiado en BIBA NR 24314 (original no consultado).

Véliz D. 2005. Caracterización molecular de aislamientos de *Colletotrichum* sp. causante de antracnosis en lupino (*Lupinus* sp. L.) mediante marcadores ITS-RFLP's y RAPD's. Tesis de Licenciatura en Agronomía. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 64 p.

Yang H., Sweetingham M. 1998. The taxonomy of *Colletotrichum* isolates associated with lupin anthracnose. Aust. J. Agric. Res. 49: 1213-1223.

Trabajo recibido el 14 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 27 de junio de 2018

## REFRESCO DE TARWI

### Ingredientes:

2 1/2 litros de agua  
1 cucharilla de canela molida  
Azúcar o edulcorante a gusto  
250 gr de **CHUCHUSMUTI TARWIX** (1 bolsa)

### Preparación:

Enjuagar el **CHUCHUSMUTI TARWIX** con agua hervida. Licuar todos los ingredientes en medio litro de agua por espacio de 5 a 7 minutos hasta que esté bien molido. Vaciar en un recipiente y mezclar con el resto del agua.

CHUCHUSMUTI  
**Tarwix**<sup>TM</sup>



**PANASERI**

Calle Riverena, zona Colinas de Andalucia  
Cel. 77919210 - Web: www.panaseri.com

Fundación  
**PROINPA**

# Las plagas del tarwi y su manejo

Luis Crespo; Alejandro Bonifacio; Reinaldo Quispe; Antonio Gandarillas

Fundación PROINPA

E mail: l.crespo@proinpa.org

**Resumen.** El tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet es un cultivo de poca importancia en la región andina boliviana. Sin embargo, se considera que presenta un enorme potencial en el nuevo contexto de la gastronomía nacional y mundial, que busca alimentos de alto valor nutritivo. Una de las causas de los bajos rendimientos del tarwi es el ataque de insectos plagas que se presenta durante todo el ciclo del cultivo. Las plagas clave en Bolivia, son el picudo negro del tarwi (*Apion* sp.) y la mosca del tarwi (*Delia platura*) porque se presentan en forma persistente año tras año, con altas poblaciones, ocasionando daños económicos al cultivo. Existe otro grupo de plagas ocasionales y plagas potenciales, que si se presentan en grandes poblaciones, pueden causar pérdidas económicas importantes. El incremento de las poblaciones puede estar asociado con factores climáticos, deficiencia temporal en la represión por enemigos naturales y otros factores.

**Palabras clave:** Entomología; Enemigos naturales; *Apion* sp.; *Delia platura*

**Summary. Tarwi pests and its management.** The tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet is a little importance crop in the Bolivian Andean region. However, it is considered to have enormous potential in the new context of national and global gastronomy, which seeks high nutritional value foods. One of the causes of low tarwi yields is the attack of insect pests that occurs throughout the crop cycle. The key pests in Bolivia are the tarwi black weevil (*Apion* sp.) and the tarwi fly (*Delia platura*) because they are persistently present year after year, with high populations, causing economic damage to the crop. There is another group of occasional pests and potential pests that, if they appear in large populations, can cause significant economic losses. The populations increase can be associated with climatic factors, temporary deficiency in the repression by natural enemies and other factors.

**Keywords:** Entomology; Natural enemies; *Apion* sp.; *Delia platura*

## 1. Introducción

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es un cultivo de poca importancia de la región andina boliviana. La superficie cultivada apenas llega a 1263 hectáreas (Gandarillas, 2018). Sin embargo, se considera que presenta un enorme potencial en el nuevo contexto de la gastronomía nacional y mundial, que busca alimentos de alto valor nutritivo (ANDESCROP / UMSA, 2013).

Las principales áreas de cultivo en Bolivia se encuentran en el Altiplano Norte de La Paz y en los valles inter andinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí. Una de las causas de los bajos rendimientos del tarwi en Bolivia (555 kg/ha según Mamani *et al.* 2015), es el ataque de insectos plaga que se presentan durante todo el ciclo del cultivo. Su ataque y daño se ha hecho más evidente en los últimos años, lo cual se atribuye al calentamiento global que favorece su multiplicación y diseminación.

Los insectos plaga, en función al grado de daño que provocan al tarwi, se agrupan en tres categorías:

- 1) Las catalogadas como **plagas clave**: El picudo negro del tarwi *Apion* sp. y la mosca del tarwi *Delia platura*, porque se presentan en forma persistente año tras año, con poblaciones altas, ocasionando severos daños económicos al cultivo.
- 2) Las consideradas **plagas ocasionales**: Los gusanos de tierra (*Agrotis andina*, *Copitarsia incommoda* y *Feltia experta*), las ticonas del tarwi (*Helicoverpa titicacae*, *Helicoverpa* sp.), el gusano medidor (*Trichoplusia ni*), debido a que sus poblaciones se presentan -en cantidades perjudiciales- solamente en ciertas épocas o años, mientras que en otros periodos carecen de importancia económica. El incremento de las poblaciones puede estar asociado con factores climáticos, deficiencia temporal en la represión por enemigos naturales y otros factores.
- 3) Las consideradas **plagas potenciales**: Gusano del tallo (*Colias* sp.), gusano peludo de la semilla (*Astylus* sp.), carhua carhua (*Epicauta* sp.), loritos (*Diabrotica* spp.), mosca minadora (*Liriomyza* sp.), trips (*Frankliniella* sp.), pulgón (*Myzus* sp.) y la cigarrita (Cicadellidae), porque se presentan en poblaciones bajas o muy bajas, pasando desapercibidas con frecuencia. No afectan la cantidad ni la calidad del rendimiento del tarwi.

El Cuadro 1 presenta un panorama general de la presencia de insectos plaga, en el cultivo de tarwi.

El presente documento hace énfasis en las dos principales plagas clave del tarwi en Bolivia, la mosca *Delia platura* Meigen y el pequeño picudo negro *Apion* sp. (Mamani *et al.* 2015).

La mosca ataca en la etapa de germinación y emergencia; el picudo durante las primeras etapas de crecimiento de la planta.



*Daño causado por el picudo negro del tarwi, Apion sp.*



*Larva de Helicoverpa sp. alimentándose de la vaina del tarwi*

La disponibilidad de alternativas prácticas de control de las plagas del tarwi es escasa. En el caso de la mosca *D. platura* en estado larval, el control es muy difícil, en razón de que el ataque mayor tiene lugar en la parte subterránea de la plántu-

la o incluso antes de la emergencia, mientras que en el caso del picudo negro y las larvas de noctuides, es relativamente manejable, puesto que se presentan en la parte aérea de la planta.

**Cuadro 1.** Insectos plaga asociados al cultivo del tarwi agrupados por orden y familia, daño que causan y categoría de plaga a la que pertenecen

Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	Daño	Categoría
Lepidóptera	Noctuidae	<i>Agrotis andina</i>	Gusano de tierra	Las larvas cortan las plántulas	Ocasional
		<i>Copitarsia incommoda</i>			Ocasional
		<i>Feltia experta</i>			Ocasional
		<i>Helicoverpa titicacae</i> ,	Ticono del tarwi	Las larvas consumen hojas y vainas en formación	Ocasional
		<i>Helicoverpa</i> sp.	Ocasional		
	<i>Trichoplusia ni</i>	Gusano medidor	Ocasional		
Pieridae	<i>Colias</i> sp.	Gusano del tallo		Potencial	
Coleóptera	Curculionidae	<i>Apion</i> sp.	Picudo negro del tarwi	La larva forma galerías en tallo y vaina	Clave
	Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> spp.	Loritos	El adulto consume hojas	Potencial
	Meloidae	<i>Epicauta</i> sp.	Carhua carhua		Ocasional
	Melyridae	<i>Astylus</i> sp.	Gusano peludo de semilla	La larva corta cotiledones y raíz	Potencial
Díptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i> sp.	Mosca minadora	La larva mina y come hojas (parénquima)	Potencial
	Anthomyiidae	<i>Delia platura</i>	Mosca del tarwi	Las larvas consumen raíz	Clave
Hemíptera	Aphididae	<i>Myzus</i> sp.	Pulgón	La ninfa y adulto consumen savia	Potencial
	Cicadellidae	<i>Bergallia</i> sp.	Cigarrita		Potencial
Thysanóptera	Thripidae	<i>Frankliniella</i> sp.	Trips	La ninfa y adulto perforan hojas y castran flores	Potencial

Fuente: Elaboración propia en base a Quenallata 2008, Mollinedo 2012, CUNA 2012, ANDESCROP/UMSA 2013, Chipana *et al.* 2014, Mamani *et al.* 2015 y Mera 2016.

## 2. Mosca del tarwi

Se considera a este trabajo como el primer reporte de la mosca del tarwi *Delia platyura*, en el Altiplano de Bolivia. Es una plaga ampliamente distribuida en Ecuador y Colombia, donde ataca al tarwi (chocho) y otros cultivos; es conocida como la mosca de la semilla debido a que afecta a ésta cuando se encuentra en proceso de germinación.

En Ecuador, Lomas *et al.* (2012) y Samaniego (2014), sostienen que las larvas de *D. platyura* atacan al tarwi en etapa de germinación, y afirman que puede causar pérdidas totales en zonas como Cotopaxi, donde la presencia de la plaga está relacionada al cultivo intensivo de brócoli (*Brassica oleracea*).

**2.1. Clasificación taxonómica.** La mosca del tarwi, taxonómicamente corresponde a:

Clase:	Insecta
Orden:	Díptera
Familia:	Anthomyiidae
Especie:	<i>Delia platyura</i>

**2.2. Distribución geográfica.** En Bolivia, la distribución geográfica de *D. platyura* comprende eco regiones de altiplano y valles. En el altiplano, hasta el momento, se ha registrado en las tres zonas, que son Altiplano Norte, Central y Sur.

**2.3. Características morfológicas.** En función al estado de desarrollo, se tiene:

**Adulto.** La mosca *Delia platyura* en estado adulto es semejante a la mosca común, de tamaño pequeño, entre 5 a 7 mm de longitud, de color marrón oscuro a negro y con cerdas ralas en su cuerpo. En la cabeza presentan antenas compuestas de tres segmentos, en el segundo se distingue una sutura lateral y del tercero nace una arista ligeramente plumosa en el extremo distal. El tórax está bien desarrollado con patas largas y negras con coxas muy juntas y el tarso con solo dos almohadillas tarsales, sin empodia. Alas grandes hialinas y ligeramente puntiagudas con la vena radial triramificada, celda anal ausente, la sexta vena anal (2A+Cu) solo distinguible como un débil pliegue (Bravo 2001).

### *Estadios de la mosca del tarwi: Delia platyura*



Larva



Pupa



Adulto

**Huevo.** Deposita huevos elongados y ovoides de color perla blanco, miden aproximadamente 0,95 mm de largo y 0,30 mm de ancho; por lo general los huevos son puestos por la hembra adulta en la superficie del suelo, individualmente o máximo en grupos de 10, la oviposición se da a temperaturas entre 10°C a 27°C.

**Larva.** Son ápodas, vermiformes, típica de Dípteros, de color blanco cremoso. Estas son troncocónicas, truncadas en la parte posterior y más angostas o aguzadas en la zona oral. En esta última se observan dos poderosas mandíbulas quitinizadas, de color negro, gracias a ellas laceran los tejidos vegetales.

En el extremo posterior del abdomen presenta dos espiráculos, de color marrón a negro. Presenta tres instares, inicialmente la larva mide 0,7 mm y 7 mm la larva madura; estas larvas se alimentan de forma gregaria, el primer instar no ataca efectivamente las plantas sanas, afecta a las recién cortadas o con heridas (Bravo 2001).

**Pupa.** Es de tipo coartada, que es un caso especial que se da en dípteros donde la larva segrega una cubierta endurecida (pupario), y dentro de ella está la verdadera pupa, que es exarata. Esta pupa es ovalada y de color café claro, antes de emerger el adulto la pupa se torna de color café oscuro; esta puede medir de 4 a 5 mm de largo y 1,5 mm de ancho. La larva en prepupa baja al suelo, donde pasa al estado de pupa, esto ocurre a menudo en el lugar de alimentación, también puede ocurrir que cuando las larvas se entierran en el sustrato del cual se están alimentando, se las encuentra en el suelo cerca de las raíces (Bravo 2001).

**2.4. Comportamiento y daño.** La mosca *D. platura* tiene un comportamiento cosmopolita, se presenta en todo el altiplano (Sur, Central y Norte), aunque la mayor ocurrencia es en el Altiplano Norte, con importantes poblaciones de adultos en primavera y verano, pero también es posible encontrarla en otoño y aún en invierno.

En el Altiplano Central y Sur, es común encontrarla en especies silvestres de lupino.

Tal como sostienen Guerra *et al.* (2017) y Quiroz (1987), es atraída por la materia orgánica en descomposición y los suelos húmedos, donde se asientan para ovipositar.

Cuando se siembra el tarwi, la imbibición del grano ocurre a las 24 horas y la emisión de la radícula aproximadamente a las 72 horas.

El ataque de las larvas se hace evidente en la etapa de crecimiento de la radícula y crecimiento del hipocótilo; las plántulas mueren antes de emerger, en estado cotiledonal o en etapa de primeras hojas verdaderas.

El diagnóstico de la presencia de larvas de mosca es muy simple, se observan plántulas marchitas y encorvadas sobre su propio eje, similar a estrés por sequía. Cuando se extraen estas plántulas desde la raíz, en la parte subterránea se observa la presencia de 1 hasta 20 larvas por plántula.

Cuando se extraen plántulas secas se encuentran larvas y pupas, por el hecho de que el estado larval es muy corto.



*Plántulas de tarwi afectadas por Delia platura (imagen de internet)*



*Larvas de Delia platura en plántulas de tarwi (imagen de internet)*

En condiciones de campo, las larvas se alimentan de la radícula y del hipocótilo de las plántulas de tarwi, no así de los cotiledones; en condiciones de laboratorio las larvas se alimentan inclusive del cotiledón.

El rango de hospederos es amplio, siendo las especies del género *Lupinus* las más sensibles, también los porotos, el maíz e inclusive la quinua. Gil *et al.* (2007) consideran que en el altiplano existen más de 80 especies del género *Lupinus*, dando lugar a que la mosca siempre pueda encontrar a su huésped preferido. En ausencia de estas plantas, la mosca puede subsistir en materia orgánica en proceso de descomposición.

Las larvas son de apariencia translúcida y transparente, por lo general adquieren la coloración del sustrato del que se alimen-

tan. Así, si se alimentan de la savia de la parte subterránea, adquieren la coloración translúcida; cuando se alimentan del cotiledón adquieren coloración verde claro y cuando se alimentan de materia orgánica, en descomposición, toman el color pardo oscuro.

**2.5. Alternativas de control.** El control de esta plaga es complicado porque el ataque ocurre en la parte subterránea de la plántula, lo que da un periodo muy corto para el control. Por ahora solo se cuenta con tratamientos químicos, recomendándose la desinfección de semilla y la aspersión de plántulas, con productos que contengan como ingrediente activo Lambdacihalotrina + Tiametoxam, que presenta modo de acción por contacto y sistémico. El tratamiento reduce el daño en un 60%. Quiroz (1987), Lomas *et al.* (2012) y Guerra *et al.* (2017) sugieren el control químico mientras que Celeita (2010) y Corredor (2012), han probado y sugerido el empleo de nematodos entomopatógenos para el manejo de la mosca *D. platura* en el Ecuador.

La siembra profunda en suelo húmedo resulta en un menor ataque de larvas, ya que las moscas ovipositan en la superficie del suelo y las larvas recién eclosionadas, si bien penetran fácilmente en suelo húmedo, una mayor profundidad de siembra evita que accedan fácilmente a las semillas.

### 3. El picudo negro del tarwi *Apion* sp.

El género *Apion* está integrado por numerosas especies, cuyo hábito de alimentación es similar, por lo que algunos autores denominan el complejo picudo, *Apion* spp. (Hallman 1985).

**3.1. Clasificación taxonómica.** El picudo negro del tarwi, taxonómicamente corresponde a:

Clase:	Insecta
Orden:	Coleóptera
Familia:	Curculionidae
Especie:	<i>Apion</i> sp.

**3.2. Distribución geográfica.** La distribución geográfica de *Apion* sp. en el país, comprende las eco regiones de altiplano y valles interandinos. La amplia distribución de esta plaga probablemente esté influenciada por el calentamiento global.

**3.3. Características morfológicas.** En función al estado de desarrollo, se tiene:

**Adulto.** Los adultos son de color negro, miden aproximadamente 2,5 mm de largo, sus élitros presentan bandas longitudinales estriadas. El rostrum es alargado y termina en un pico largo y curvado hacia abajo, del cual se deriva el nombre común de la plaga. Los huevecillos son sumamente pequeños (0,25 mm), de color blanco transparente y de forma ovalada.

**Huevo.** Los adultos inician la postura de huevos al llegar a la madurez sexual, después del quinto a noveno día de su emergencia de la pupa; el número de huevos colocados es de 300 en promedio.

**Larva.** Son de coloración blanquecina, con cápsula cefálica bien desarrollada y pigmentada y cuerpo en forma de "C", de tipo curculioniforme, sin patas torácicas; en los segmentos abdominales se presentan 2 a 5 pliegues dorsales.

**Pupa.** Es de tipo exarata, de color blanco, con los apéndices en desarrollo expuestos.

La duración de los estadios presenta los siguientes rangos:

- ⇒ Huevo: de 5 a 17 días
- ⇒ Larva de 13 a 42 días
- ⇒ Pupa de 13 a 28 días
- ⇒ Adulto de 75 a 90 días

En condiciones de campo, la duración total del ciclo biológico de *Apion* sp. varía entre 106 a 177 días.

*Estadios del picudo negro del tarwi: Apion sp.*



*Larva y pupa de Apion sp.*



*Adulto de Apion sp.*

**3.4. Comportamiento y daño.** El rango de hospederos de *Apion* sp., aparentemente se encuentra limitado a las especies del género *Lupinus*. Considerando las numerosas especies de lupinos silvestres en el altiplano y valles, esta plaga encontraría abundantes hospederos.

El daño más importante es producido por las larvas, las cuales barrenan los tallos de las plantas pequeñas, ocasionando su marchitez y muerte. El daño también se observa en plantas más grandes; los adultos colocan sus huevos en las axilas de las hojas y luego las larvas recién emergidas, ingresan a los tallos para alimentarse de ellos hasta causar la muerte de las plantas. Examinando plantas con síntomas de marchitamiento, se puede encontrar en su interior larvas, pupas y adultos de este insecto. En etapas más avanzadas del cultivo, se puede observar síntomas en el haz y envés de las hojas, como pequeñas manchas negras, en cuyo interior se encuentran larvas y pupas del insecto. Cuando la presión de la plaga es alta, también se puede observar larvas atacando las vainas, en el interior se alimentan de los granos, afectando su calidad. Cuando existen condiciones adecuadas como temperaturas altas, humedad relativa baja, suelos por debajo de capacidad de campo, las pérdidas pueden llegar hasta un 80%.



*Tallo de tarwi barrenado por larvas de Apion sp.*



*Planta pequeña de tarwi, marchita por ataque del barrenador de tallo Apion sp.*

**3.5. Alternativas de control.** Para el control de esta plaga es importante el tratamiento de la semilla. Para ello se recomienda el uso de insecticidas que tengan como principio activo el Imidacloprid, a razón de 45 g por 100 kg de semilla, con lo que se logra una protección del ataque de esta plaga en las etapas iniciales del cultivo.

El picudo del tarwi debe ser monitoreado durante todo el periodo vegetativo del cultivo. En caso de que ocurra el ataque, se recomienda el tratamiento con insecticidas sistémicos que tengan como ingrediente activo Imidacloprid o Tiametoxam + Lambdacihalotrina, a razón de 10 g o 40 cc, respectivamente, por 20 litros de agua.

Con la combinación de tratamiento a la semilla y tratamiento en follaje, se puede lograr una eficiencia de control mayor al 90%.

## Referencias citadas

- ANDESCROP / UMSA (Uso competente de cultivos andinos de alto valor). 2013. Informe anual 2012-2013. Componente 2: Sistemas de Agricultura Orgánica. Subcomponente 2.4 Manejo de la Sanidad de las Plantas. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. Sin publicar. 83 p.
- Bravo R. 2001. Identificación, daños y alternativas del manejo de plagas en la maca (*Lepidium meyenii* W.) en Puno, Perú. **En:** Revista Peruana de Entomología. No. 42. Lima, Perú. pp. 195-197.
- Celeita J. 2010. Susceptibilidad de *Delia platura* (Meigen, 1826) (Díptera: Anthomyiidae) a *Steinernema* spp. y *Heterorhabditis* spp. Trabajo de grado Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Bogotá, Colombia. 33 p.
- Chipana G., Trigo R., Bosque H., Jacobson S., Mercado G., Rodríguez J., Callisaya I., Contreras E., Condori J. 2014. El tarwi (*Lupinus mutabilis*) y su importancia social y económica en las familias del Altiplano Norte de Bolivia. **En:** Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. Vol. 1. Núm. 1. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. pp. 49-57.
- Corredor D. 2012. Control en campo de *Delia platura* (Meigen, 1826) con *Steinernema* sp. JCL027 y *Heterorhabditis bacteriophora* HNI0100. Trabajo de Grado Biólogo. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Carrera de Biología. Bogotá, Colombia. 27 p.
- CUNA. 2012. Manual sobre la producción y transformación básica del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). La semilla del futuro tarwi ecotipo Carabuco. Asociación CUNA. Construyendo Oportunidades. La Paz, Bolivia. 32 p.
- Gandarillas A., Vallejos J. Mamani P. 2018. El tarwi: un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAYP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Gil R., Carrillo D., Jimenez J. 2007. Determinación de las principales plagas de la espinaca (*Spinacia oleracea*) en Cota, Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 33: 124-128.
- Guerra P., Keil C., Stevenson P., Mina D., Samaniego S., Peralta E., Mazón N., Chancellor C. 2017. Larval performance and adult attraction of *Delia platura* (Díptera: Anthomyiidae) in a native and an introduced crop. Journal of Economic Entomology. 110 (1): 186-191.
- Hallman G. 1985. Las plagas como factores limitantes en la producción de frijol. CEIBA 26(1): 117-121.
- INE costos y superficies de cultivo. *En línea*. Disponible en: [www.ine.gob.bo/pdf/ENA2008/ENA\\_II.pdf](http://www.ine.gob.bo/pdf/ENA2008/ENA_II.pdf)  
Consultado en febrero de 2015.
- Lomas L., Mazón N., Rivera M., Peralta E. 2012. Cuantificación del daño y alternativas para el control de la mosca de la semilla (*Delia platura* Meigen) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis*) en Ecuador. INIAP-PRONALEG-CORPOINIAP-The McKnight Foundation. Paute, Ecuador.

- Mamani P., Calisaya J., Vallejos J., Gardarillas A. 2015. Revalorizando el Tarwi. Una alternativa para promover la resiliencia de los sistemas productivos andinos y la mejora de la seguridad alimentaria y la economía local. **En:** Fundación PROINPA. Informe Compendio 2011-2014. Cochabamba, Bolivia. pp. 12-19.
- Mera M. 2016. Lupino dulce y amargo. Producción en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Nro. 326. Temuco, Chile.
- Mollinedo S. 2012. Caracterización del componente socioeconómico del subsistema de producción de tarwi en dos comunidades del Municipio de Puerto Mayor, Carabuco. Tesis de Licenciatura. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 77 p.
- Quenallata P. 2008. Evaluación de variedades agronómicas de 5 ecotipos de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en dos comunidades del municipio de Ancoraimes. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía, UMSA. La Paz, Bolivia. 72 p.
- Quiroz C. 1987. Control químico de la mosca de la semilla *Delia platura* (Meig.) Dip. Anthomyiidae en porotos. Agricultura Técnica (Chile) 47(4): 372-377.
- Samaniego S. 2014. Evaluación de tres microorganismos entomopatógenos para el control de mosca de la semilla (*Delia platura* Meigen) en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Tesis Ing. Agr. Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.

Trabajo recibido el 22 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 22 de junio de 2018

## SPAGUETTI AL PESTO TARWIX

CHUCHUSMUTI  
**Tarwix**<sup>TM</sup>

### Ingredientes

400 gr de spaguetti  
3 litros de agua  
2 cucharas de aceite  
1 cuchara de sal

### Salsa Pesto Tarwix

1 lata de **CHUCHUSMUTI TARWIX**  
1 manojo de albahaca  
3 cucharas de aceite de oliva  
1 diente de ajo  
Sal y pimienta a gusto

### Preparación

1. Hervir el agua con sal y aceite y añadir el spaguetti, dejar cocer. Escurrir y reservar en un recipiente.
2. Licuar el **CHUCHUSMUTI TARWIX** junto a la albahaca, aceite y ajo, salpimentar a gusto.
3. Mezclar suavemente la salsa con el spaguetti y servir caliente con un toque de queso parmesano.



**PANASERI**

Calle Riverena, zona Colinas de Andalucía  
Cel. 77919210 - Web: [www.panaseri.com](http://www.panaseri.com)

Fundación  
**PROINPA**

# Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el sistema de cultivos y la recuperación de suelos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba

Pablo Mamani; Juan José Calisaya

*Fundación PROINPA*

*E mail: p.mamani@proinpa.org*

**Resumen.** El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014-2015 y 2015-2016, en comunidades del municipio de Anzaldo (Cochabamba), ubicadas a 3040 msnm. La precipitación del lugar es de 450 mm/año y su temperatura mínima y máxima es de 4°C y 23°C, respectivamente. Sus suelos son de escasa profundidad, baja fertilidad y escasa materia orgánica (0,9%). El presente estudio buscó determinar el efecto de la incorporación al suelo de los residuos de cosecha de tarwi, en el sistema de rotación tradicional de cultivos y en la recuperación de los suelos. Esta incorporación logra incrementar la productividad de papa en 51% y de quinua en 58%. En ambos cultivos, la combinación de rastrojo de tarwi con guano animal, logra incrementar aún más su rendimiento. También se determinó que esta incorporación incrementa la respiración del suelo, lo que sugiere que se genera mayor actividad microbiana debido al incremento de la materia orgánica del suelo (de 0,7% a 1,03%) lo que repercute en un mayor contenido de N (de 27 ppm a 40 ppm), P (de 8 ppm a 13 ppm) y K (0,25 a 0,35 meq/100 g de suelo). Por tanto, se sugiere promover la incorporación de los residuos de cosecha de tarwi, para favorecer al sistema de cultivos y la mejora del suelo.

**Palabras clave:** Edafología; Rotación de cultivos; Abono verde; Residuos de cosecha

**Summary.** **Incorporation effect of tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) crop residues in crops system and soils recovery of semi-arid Andean regions of Cochabamba.** The study was carried out during the agricultural campaigns 2014-2015 and 2015-2016, in communities of the Municipality of Anzaldo (Cochabamba), located at 3040 meters above sea level. In that area, the precipitation is 450 mm/year and its minimum and maximum temperature is 4°C and 23°C, respectively. Its soils are of low depth, low fertility and scarce organic matter (0.9%). The present study sought to determine the effect of tarwi crop residues incorporation in soil, under the traditional crop rotation system and in the recovery of soils. This incorporation increases the potato productivity in 51% and quinoa in 58%. In both crops, the combination of tarwi stubble with animal guano increases its performance even more. It was also determined that this incorporation increases soil respiration, suggesting that greater microbial activity is generated due to the increase of soil organic matter (from 0.7% to 1.03%), affecting a higher content of N (from 27 ppm to 40 ppm), P (from 8 ppm to 13 ppm) and K (0.25 to 0.35 meq/100 g of soil). Therefore, it is suggested to promote the incorporation of tarwi crop residues, to favoring the crop system and soil improvement.

**Keywords:** Soil science; Crop rotation; Green manure; Harvest residues

## Introducción

Las prácticas de manejo del cultivo, tales como la labranza, rotación de cultivos, incorporación de residuos de cosecha, pueden modificar la materia orgánica del suelo (Espinoza *et al.* 2007).

El mantenimiento de la materia orgánica del suelo regula favorablemente el ambiente físico, químico y biológico del suelo (Follet 2001, Spedding *et al.*, 2004). La variación de la fracción orgánica del suelo y la intensidad de laboreo, determinan la condición física del mismo (Eiza *et al.* 2005).

Estudios en suelos de textura similar, han demostrado que los suelos con alto contenido de materia orgánica, tienen significativamente mayor Capacidad de Agua Disponible que los suelos con menor materia orgánica (Hudson 1994).

Estudios de rotación de cultivos han mostrado efectos positivos sobre el mantenimiento de niveles altos de la materia orgánica del suelo (Campbell *et al.* 1996, Omay *et al.* 1997, Espinoza *et al.* 2007).

En la rotación de cultivos, las leguminosas juegan un papel importante en las fracciones de la materia orgánica del suelo, debido a su efecto sobre la relación C/N (Potter *et al.* 1998).

Desde épocas remotas se reconoce al lupino como mejorador de la fertilidad del suelo, fijador de nitrógeno atmosférico y buen extractor de los nutrientes de las capas profundas del suelo, debido a su desarrollo radicular profundo (Gross 1982, Barrera 2015).

El *Lupinus mutabilis* se adapta a condiciones de baja precipitación pluvial, sue-

los de baja fertilidad y a temperaturas entre -9.5°C y 28°C (Cifuentes *et al.* 2001).

Los sistemas de producción de las regiones andinas semiáridas de Cochabamba (Bolivia), se tornan cada vez más vulnerables a las presiones que ejercen los mismos productores sobre sus suelos, obligados por la sobrevivencia y los cambios en el clima, lo cual está alterando los patrones de manejo de los cultivos y del ganado (Oros *et al.* 2018).

Los suelos de estas regiones, se caracterizan por su baja profundidad, poca fertilidad, son sensibles a la erosión debido al bajo contenido de materia orgánica como consecuencia de la mínima capacidad de reposición de materia orgánica al suelo, debido a la cada vez menor población ganadera ovina, la cual aporta muy poco guano al sistema y porque los residuos de cosecha de cultivos predominantes como el trigo, son extraídos para alimentar a los animales o son comercializados para otras necesidades, y por tanto no son devueltos al suelo (PROINPA 2015).

Estas causas, junto al cambio climático, están agudizando la disminución gradual de la capacidad productiva de los suelos, cuyos principales indicadores, según Fonte y Vanek (2012), son:

- ⇒ Bajo contenido de materia orgánica: 0,5% a 2%
- ⇒ pH ácido: 4,5 a 6,5
- ⇒ Bajo contenido de nitrógeno y fósforo
- ⇒ Baja capacidad de intercambio catiónico: 3 a 10 meq/100 g de suelo
- ⇒ Poca profundidad: 15 a 25 cm

La correcta elección de una combinación de rotaciones, labranzas e incorporación de residuos, puede ser una herramienta útil para reducir los riesgos de degradación del suelo y para maximizar la producción con el mínimo compromiso para el ambiente.

Las interacciones entre los efectos de corto y largo plazo entre rotaciones, labranzas y otras prácticas, son tan estrechas y complejas, que generalmente es difícil separarlos y analizarlos individualmente. Por esta razón, es preferible analizar los sistemas de cultivo más que las prácticas aisladas, ya que este término las incluye junto con sus interacciones, dentro del contexto general del sistema de producción (Studdert y Echeverría 2000).

Si bien las leguminosas aportan al mejoramiento de la fertilidad de los suelos, los agricultores de la zona no tienen un conocimiento adecuado de esta práctica, debido a que el cultivo del tarwi presenta un desarrollo leñoso, dificultando su incorporación con tracción animal o manual, por lo que los agricultores tienden a quemar o extraer *el rastrojo* para utilizar como leña. Por otra parte, debido a la tasa de migración elevada y la demanda de mayor cantidad de mano de obra, la agricultura tiende a la mecanización, por lo que la incorporación de residuos de cosecha podría realizarse con maquinaria agrícola.

En este sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la incorporación de los residuos de cosecha de tarwi, en el sistema de rotación tradicional de cultivos, y en la recuperación de los suelos de la región alto andina semiárida de Anzaldo (Cochabamba).

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014-2015 y 2015-2016. Los ensayos se establecieron en comunidades del municipio de Anzaldo (Cochabamba-Bolivia), ubicado a 62 km de la ciudad de Cochabamba, a una altitud de 3040 msnm y en las coordenadas 17°46'46" de latitud Sud y 65°55'56" de longitud Oeste. El clima durante el cultivo se caracteriza por una precipitación promedio de 450 mm/año y temperaturas que van de una mínima de 4°C a una máxima de 23°C.

Los suelos predominantes son de escasa profundidad con presencia de una roca dura continúa (barrera física) y mucha pedregosidad, lo cual describe a un suelo de tipo Leptosoles Éutricos con algunos Cambisoles Éutricos y Dístricos en campos con suelos más profundos. Evaluaciones previas de la región (PROINPA 2012), muestran que los suelos son semi-ácidos (pH 5,7), de baja Conductividad Eléctrica (0,06 mmhos/cm) es decir no son salinos, muy baja CIC (6,22 meq/100 g) atribuible a su bajo contenido de materia orgánica (0,93%), consecuentemente un pobre contenido de N (0,06%). El P también es bajo (4,92 ppm) y su K moderado (0,91 meq/100 g).

En general son suelos Franco Arenosos a Franco Limosos y su densidad aparente es alta (1,51 g/cc) como producto de su compactación.

El primer año (2014-2015) se implantaron dos ensayos para ver el efecto de la incorporación al suelo, de residuos de cosecha (rastrojo) de tarwi (*Lupinus mutabilis*), sobre los cultivos de papa (*Solanum tuberosum* ssp. *andigena*) y quinua (*Chenopodium quinua*).

Se utilizaron parcelas donde un año antes (ciclo agrícola 2013-2014) se había cultivado tarwi, cuyos residuos de cosecha fueron incorporados al suelo según definía el tratamiento utilizado. Para cada cultivo se utilizó el diseño de Parcelas Divididas en Franjas, en Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones.

La unidad experimental consistió de una parcela de 10 m de largo y 3 m de ancho. Dentro de cada unidad experimental se tomaron 3 sub muestras de 5 m<sup>2</sup>. El Cuadro 1 describe los factores, niveles y tratamientos del estudio.

Las incorporaciones del rastrojo de tarwi se realizaron después de la cosecha del grano. Para la incorporación, se utilizó tracción mecánica, con rastra de disco para el picado, y arado de disco para su incorporación. El efecto de la incorporación de rastrojo de tarwi se evaluó en los cultivos de quinua y papa en la campaña 2014-2015 y sólo papa en la campaña 2015-2016, debido a que es un cultivo importante en el sistema de Anzaldo.

Para la siembra de papa y quinua, la apertura de surcos se realizó con yunta, manteniendo una distancia de 70 cm entre surcos. La densidad de siembra fue de 12 kg/ha de quinua y 32 qq/ha de papa.

El guano ovino se aplicó durante la siembra a razón de 5 t/ha. El aporque y desmalezado se realizaron con yunta, a los 30 días después de la emergencia.

El segundo ciclo agrícola (2015 - 2016), en un sitio diferente, se repitió el ensayo de incorporación de residuos de cosecha de tarwi, para ver esta vez su efecto solo sobre el cultivo de papa.

Se utilizaron parcelas donde un año antes (ciclo agrícola 2014-2015), en una parte se había sembrado tarwi y otra parte donde se dejó el terreno en descanso.

También se utilizó el diseño de Parcelas Divididas en Franjas en Bloques Completos al Azar, con tres repeticiones. El Cuadro 2 describe los factores, niveles y tratamientos del estudio.

**Cuadro 1.** Descripción del diseño experimental y los tratamientos utilizados en el ciclo agrícola 2014 – 2015 para los estudios en papa y quinua

Ciclo agrícola 2013 / 2014	Año 2014 – 2015: Diseño experimental: Parcelas Divididas en Bloques Completos al Azar		
	Factor: "rastrojo de tarwi"(parcela principal)	Factor: "guano ovino" (sub parcela)	Tratamientos
<b>Parcela con tarwi</b>	Sin incorporación	Sin guano	T1 = Sin incorporación y sin guano
		Con guano	T2 = Sin incorporación y con guano
	Con incorporación	Sin guano	T3 = Con incorporación y sin guano
		Con guano	T4 = Con incorporación y con guano

*Se utilizaron parcelas donde en el ciclo agrícola anterior (2013 - 2014) se cultivó tarwi*

**Cuadro 2.** Descripción del diseño experimental y los tratamientos utilizados en el ciclo agrícola 2015 – 2016 para el cultivo de papa

Ciclo agrícola 2014 / 2015	Año 2015 – 2016: Diseño experimental: Parcelas Divididas en Bloques Completos al Azar		
	Factor: “rastreo de tarwi”(parcela principal)	Factor: “guano ovino”(sub parcela)	Tratamientos
<b>Parcela con tarwi</b>	Con tarwi y sin incorporación	Sin guano	T1 = Sin incorporación y sin guano
		Con guano	T2 = Sin incorporación y con guano
	Con tarwi y con incorporación	Sin guano	T3 = Con incorporación y sin guano
		Con guano	T4 = Con incorporación y con guano
<b>Parcela en descanso</b>	Sin tarwi y sin incorporación	Sin guano	T5 = Sin tarwi y sin guano
		Con guano	T6 = Sin tarwi y con guano

*Se utilizaron parcelas en descanso y parcelas donde en el ciclo agrícola anterior (2014 - 2015) se cultivó tarwi*

La incorporación y el manejo del cultivo fueron similares al primer año. En ambos años, la variable de evaluación en los cultivos, fue el rendimiento y en el caso del suelo, la respiración y otras variables de laboratorio (K intercambiable, materia orgánica total, N total y P disponible), para lo cual se tomaron muestras de suelo durante el desarrollo del cultivo.

El rendimiento de la quinua y la papa se analizó con el *Proc Mixed* del SAS ® (2008) y una vez determinadas las diferencias, se realizó la comparación de medias con el estadístico “t”, al 95% de probabilidad estadística.

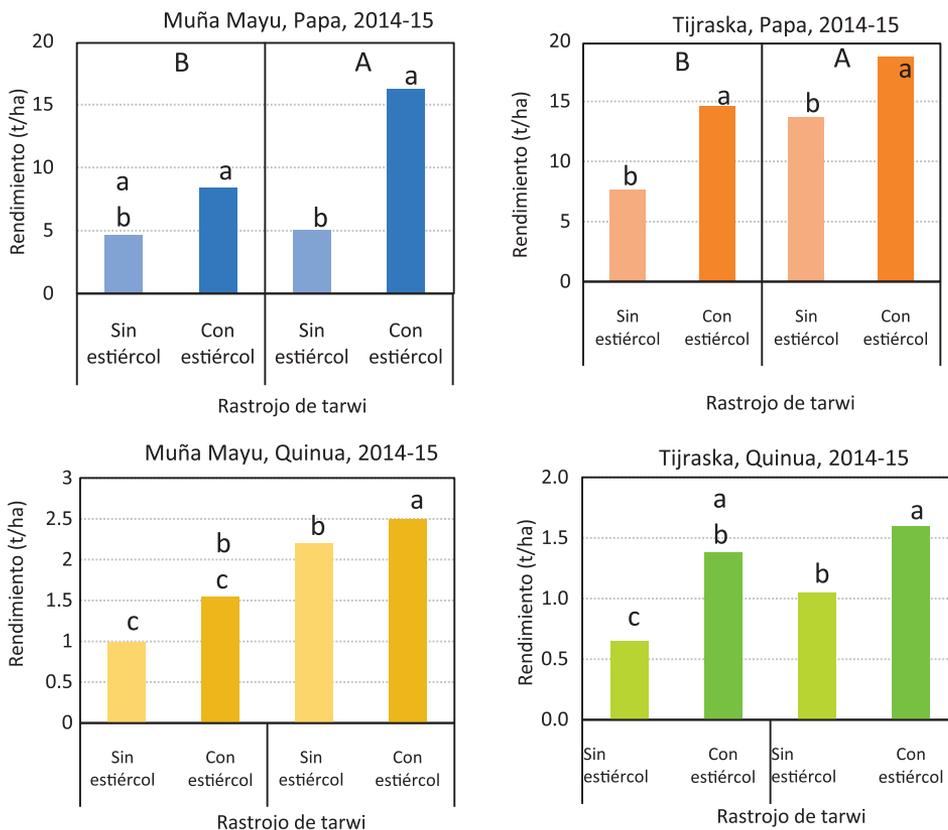
## Resultados y discusión

La Figura 1 muestra el efecto de los residuos de cosecha de tarwi incorporados al suelo (rastreo de tarwi), sobre los cultivos de papa y quinua, como potenciales alternativas en la rotación de cultivos en dos ecoregiones de Anzaldo.

Como testigo referencial también se incluye al guano ovino. En papa claramente existe un efecto positivo del rastreo de tarwi, principalmente cuando se acompaña con guano. En quinua, el rastreo también incrementa su productividad, aún si no va acompañado con guano. En ambos cultivos, la combinación de rastreo de tarwi con guano, genera mayor productividad.

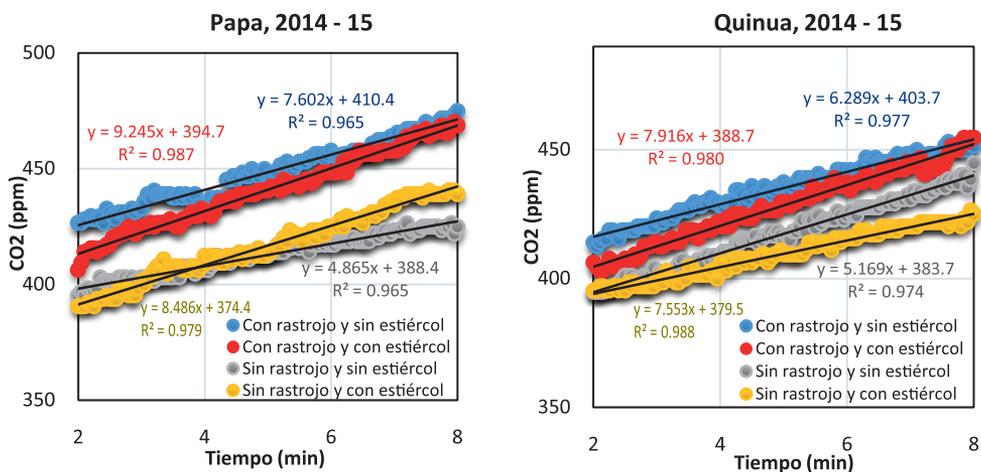
Una manera indirecta de medir la actividad microbiana del suelo es medir su respiración. El efecto del rastreo de tarwi y el guano ovino sobre la respiración del suelo durante el desarrollo de los cultivos de papa y quinua, se muestra en la Figura 2.

En las figuras 1 y 3, las letras mayúsculas comparan las medias del factor “rastreo de tarwi” (parcela principal) mientras que las letras minúsculas comparan las medias del factor “guano ovino” (sub parcela).

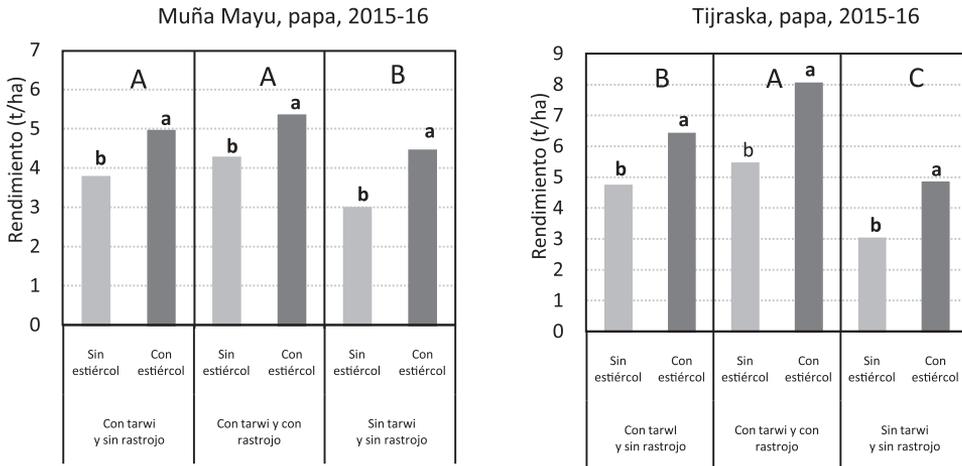


**Figura 1.** Efecto de la incorporación de rastrojo de tarwi (*L. mutabilis*) en la productividad de papa y quinua en las ecoregiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) en Anzaldo, en el ciclo agrícola 2014-2015

*Letras iguales son estadísticamente similares al 95% de probabilidad*



**Figura 2.** Tasa de respiración del suelo por efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi para la producción de papa y quinua (Anzaldo 2014-2015)



**Figura 3.** Efecto del cultivo de tarwi (*L. mutabilis*), de la incorporación de su rastrojo y del guano ovino, en la productividad de papa en las ecoregiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) de Anzaldo, 2015-2016

*Letras iguales son estadísticamente similares al 95% de probabilidad*

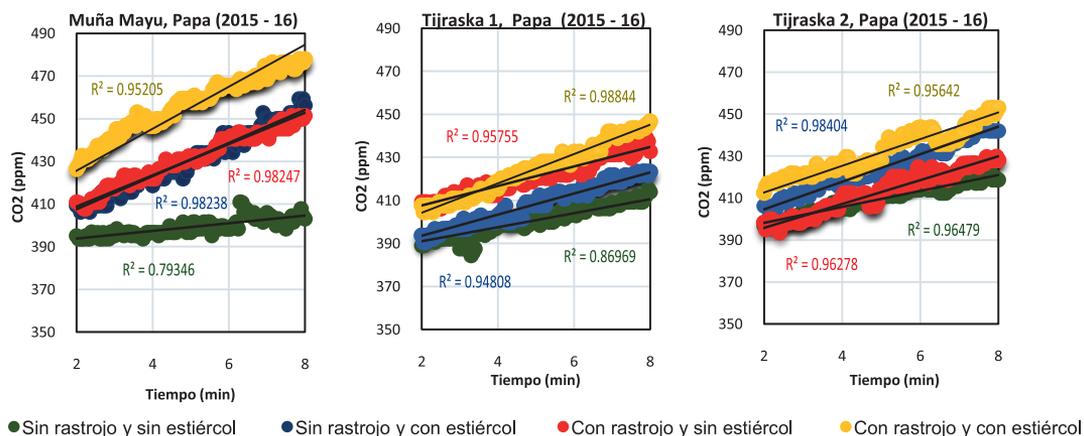
Se aprecia mayor respiración en las parcelas donde se incorporó rastrojo de tarwi, y donde éste se combina con guano, respecto a las parcelas sin incorporación de rastrojo de tarwi. Este comportamiento sugiere que la materia orgánica generada por el rastrojo de tarwi, es un buen sustrato para generar una mayor actividad microbiana y consecuentemente una mayor respiración del suelo.

Para corroborar los anteriores resultados en el cultivo de papa, en la campaña 2015-2016, se repitió el estudio anterior donde se incluyó un nuevo tratamiento, que representaba a aquellas parcelas donde no se cultiva tarwi, a manera de testigo local, es decir un tratamiento SIN tarwi y SIN rastrojo a nivel de parcela principal, siendo un tratamiento que no fue considerado en la campaña anterior.

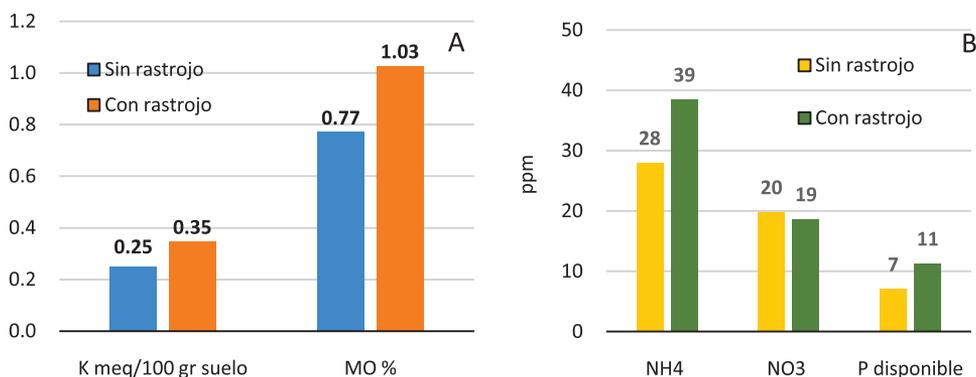
Considerando que fue un año agrícola más seco que el anterior, el efecto del rastrojo solo fue perceptible en la eco región 2 (Tijraska) y no así en la eco

región 1 (Muña Mayu), la cual se caracteriza por tener suelos más superficiales y más proclives a la sequedad, aspecto que probablemente no permitió una adecuada descomposición del rastrojo. Contrariamente, bajo mejores condiciones de suelo como los de Tijraska, pese a la sequía, la descomposición fue mayor, lo que permitió demostrar nuevamente que el rastrojo de tarwi logra mejorar la productividad de la papa (Figura 3), debido a su efecto favorable en el suelo (figuras 4 y 5).

Esta respuesta del rendimiento, muestra que bajo las condiciones de la eco región 2 (Tijraska), un tiempo de 7 a 8 meses es suficiente para lograr descomponer los residuos de tarwi, a tal punto que sus nutrientes estén a disposición de los cultivos del sistema de rotación. Por otro lado, también se aprecia que el guano logra incrementar la productividad de la papa, y este efecto es mayor cuando se acompaña con rastrojo de tarwi.



**Figura 4.** Tasa de respiración del suelo por efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi para la producción de papa en las ecoregiones de "planicie alta y seca" (comunidad Muña Mayu) y "ladera media" (Comunidad Tijraska) de Anzaldo, 2015-2016



**Figura 5.** Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi en el contenido de potasio y materia orgánica del suelo (A) y en el contenido de nitrógeno y fósforo del suelo (B) (Anzaldo, 2014-2015)

En la misma Figura 3 también se aprecia que en las parcelas donde se cultivó tarwi la productividad de papa fue mayor respecto a las parcelas donde no se cultivó, este aspecto muestra el efecto favorable del tarwi en el sistema de rotación, aún si su rastrojo no es incorporado al suelo.

El efecto del rastrojo de tarwi y el guano ovino sobre la respiración del suelo, durante el desarrollo de los cultivos de papa, se muestra en la Figura 4.

Al igual que los resultados del estudio anterior (Figura 3), las parcelas donde se incorporó rastrojo de tarwi y donde éste se combinó con guano, presentan mayor respiración respecto a las parcelas sin incorporación.

Las condiciones de calor y humedad que se presentaron entre septiembre y febrero, favorecieron la descomposición; aunque, durante el desarrollo de los cultivos, se pudo apreciar pequeñas porciones de rastrojo que no se descompusieron total-

mente, porque no estaban incorporadas de la manera más adecuada. El análisis químico de los suelos (Figura 5) muestra que la incorporación de los residuos de tarwi (rastrojo), logró incrementar el contenido de materia orgánica, nitrógeno (NH<sub>4</sub>), fósforo disponible y potasio.

## Conclusiones

- El efecto residual de la incorporación de rastrojo de tarwi al suelo, mejora la productividad del cultivo de papa y quinua. En ambos cultivos, la combinación de rastrojo de tarwi con guano es el que genera mayor productividad.
- El rastrojo de tarwi, incorporado al suelo, logra incrementar su respiración lo que sugiere que la materia orgánica generada por el rastrojo, se constituye es un substrato que genera mayor actividad microbiana.
- En la rotación de cultivos, existe un efecto positivo del tarwi sobre la papa, aún si el rastrojo de esta leguminosa no es incorporada al suelo.
- La incorporación de los residuos de tarwi (rastrojo), incrementó en el suelo, el contenido de materia orgánica, nitrógeno (NH<sub>4</sub>), fósforo disponible y potasio.

## Referencias citadas

Barrera C. 2015. Evaluación del frijol lupinus (*Lupinus mutabilis*) como abono verde para la producción agroecológica en el municipio de Subachoque Cundinamarca. Tesis Ingeniería en Agroecología. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 79 p.

Campbell C., Conkey B., Zentner R., Sellers F., Curtin D. 1996. Long term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in south western Saskatchewan. Canada. J. Soil. Sci.76: 395-401.

Cifuentes R., Núñez E., Espinosa H., Alcántar G. 2001. Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un Andosol. Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México Vol. 19. Nro. 2. pp. 141-154.

Eiza M., Fioriti N., Studdert G., Echeverría H. 2005. Fracciones de carbono orgánico en la capa arable: efecto de los sistemas de cultivo y fertilización nitrogenada. Ciencia. Suelo. Versión Online. Vol. 23, Nro.1. Buenos Aires, Argentina. pp. 1-12.

Espinoza Y., Lozano Z., Velásquez L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. Asociación Interciencia. Caracas, Venezuela. Vol. 32. pp. 554-559.

Follet R. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration in crop land soils. Soil Till. Res. 61: 77-92.

Fonte S., Vanek S. 2012. Rutas de intensificación agroecológica para el manejo de la fertilidad del suelo dirigidas a los pequeños agricultores de las zonas alto-andinas. Informe y recomendaciones para la fundación McKnight. 102 p.

Gross R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet. Estudio FAO: Producción y protección vegetal 36. Roma, Italia.

- Hudson B. 1994. Soil organic matter and available water capacity. Soil and water conservation Society 49 (2):189-194.
- Omay A., Rice C., Maddux L., Gordon W. 1997. Changes in soil microbial and chemical properties under long term crop rotation and fertilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1672-1678.
- Oros R., Lazarte M., Alemán A. 2018. Herramientas metodológicas para analizar la incorporación de nuevos cultivos en sistemas sociales y económicos de alta vulnerabilidad. Revista de Agricultura. Nro. 57. FCAYP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Potter K., Tolbert H., Jones O., Matocha J., Morrison J., Unger P. 1998. Distribution and amount of soil organic C in long term management system in Texas. Soil Till. Res. 47: 309-321.
- PROINPA. 2012. Informe anual de proyectos. Agricultura de conservación como un posible camino hacia una mejor gestión de los recursos, productividad y condiciones socio económicas mejoradas en la región andina. Cochabamba, Bolivia. 103 p.
- PROINPA. 2015. Informe compendio 2011-2014. Cochabamba, Bolivia. pp 12 - 19.
- Spedding T., Hamel C., Mehuys G., Madramootoo C. 2004. Soil microbial dynamics in maize growing soil under different tillage and residue management systems. Soil Biology and Biochemistry. 36: 499-512.
- Studdert G., Echeverría H. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. Soil Science Society of America. Journal Abstract. Vol. 64 No. 4: 1496-1503.

Trabajo recibido el 14 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 19 de junio de 2018

## ENSALADA DE TARWI CON PALTA



**Ingredientes:**

- 1 palta grande y madura
- 1 lata de **CHUCHUSMUTI TARWIX**
- 100 gr cebolla blanca picada en cuadrados
- 100 gr tomate picado en cuadrados

**Aderezo para la ensalada:**

- 1 cucharada soperas de vinagre
- 3 cucharas soperas aceite
- Sal al gusto
- 2 ramas de cilantro picado menudo
- Mezclar todos los ingredientes y reservar.

**Preparación:**

En un bol incorporar el Chuchusmuti Tarwix, la cebolla, tomate y el aderezo para la ensalada, mezclar bien.

Añadir la palta pelada y picada en cubos y servir como entrada o acompañamiento del plato principal.





Calle Riverena, zona Colinas de Andalucía  
Cel. 77919210 - Web: [www.panaseri.com](http://www.panaseri.com)



# El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras leguminosas como alternativas para recuperar los suelos y mejorar el sistema de rotación de cultivos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba

Pablo Mamani; Juan José Calisaya

Fundación PROINPA

E mail: p.mamani@proinpa.org

**Resumen.** El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014 – 2015 y 2015 – 2016 en comunidades del municipio de Anzaldo, Cochabamba, ubicadas a 3040 msnm. La precipitación del lugar es de 450 mm/año y su temperatura mínima y máxima de 4°C y 23°C, respectivamente. Los suelos son de escasa profundidad, baja fertilidad y escasa materia orgánica (0.9%). Por su ciclo corto y su baja exigencia nutricional, el trigo es el cultivo predominante en la región. Es muy conocido los servicios ecológicos que prestan algunas leguminosas en los suelos, debido a su capacidad de fijar Nitrógeno atmosférico y en el caso del género *Lupinus*, su capacidad para reponer la materia orgánica al suelo, solubilizar el Fósforo y extraer nutrientes de capas profundas. El presente estudio buscó determinar el efecto de las leguminosas tarwi (*L. mutabilis*), veza (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) y arveja (*Pisum sativum*), en la mejora de la salud del suelo y del sistema de cultivos. Las leguminosas tarwi y veza generaron mayor hojarasca, biomasa foliar y biomasa radicular que la arveja y las especies nativas (parcelas en descanso), aspecto que muestra su mayor capacidad de aporte a la materia orgánica del suelo, especialmente con tarwi. El número de nódulos de rizobias de tarwi fue superior al de veza (60%) y al de arveja (87%) lo que generó un aporte de N al suelo de 50, 15 y 5 kg/ha, respectivamente. Considerando que la respiración del suelo es una manera indirecta de medir la actividad biológica del mismo, los suelos con mayor respiración fueron aquellos donde se cultivó tarwi y veza respecto a las parcelas con arveja y las parcelas en descanso. El efecto residual de tarwi sobre la productividad de trigo fue similar al de veza y superior al de arveja (32%) y a las parcelas en descanso (25%). Por las bondades encontradas en tarwi y veza, se debe promover su producción en estas regiones andinas semiáridas.

**Palabras clave:** Leguminosas; Manejo de suelos; FBN; Abono verde

**Summary.** The tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) and other legumes as alternatives for recovering soils and improving the crop rotation system of semi-arid Andean regions of Cochabamba. The study was carried out during the agricultural campaigns 2014 - 2015 and 2015 - 2016 in communities of the Municipality of Anzaldo, Cochabamba, located at 3040 meters above sea level. In that area, the precipitation is of 450 mm/year and its minimum and maximum temperature of 4°C and 23°C, respectively. The soils are of low depth, low fertility and little organic matter (0.9%). Due to its short cycle and its low nutritional requirement, wheat is the predominant crop in the region. Due to its ability to fix atmospheric nitrogen, it is well known the ecological services that some legumes provide to the soil, and in the case of the genus *Lupinus*, its ability to replenish organic matter in the soil, solubilizing the phosphorus and extract nutrients from deeper soil levels. The present study aimed to determine the effect of the legumes tarwi (*L. mu-*

*tabilis*), veza (*Vicia villosa* ssp *dasycarpa*) and pea (*Pisum sativum*) in soil health and crops system improvement. The legumes tarwi and veza generated more leaf litter, foliar biomass and root biomass than peas and native species (fallow plots), an aspect that shows its greater capacity to contribute to the soil organic matter, especially with tarwi. The number of rhizobia nodules of tarwi was higher than that of veza (60%) and of pea (87%), generating an N contribution to the soil of 50, 15 and 5 kg/ha, respectively. Considering that, soil respiration is an indirect way to measure its biological activity. Soils with greatest respiration were those where tarwi and veza were cultivated compared with pea and fallow parcels. The residual effect of tarwi on wheat productivity was similar to that of veza and superior to pea (32%) and to fallow parcels (25%). Due to the benefits found in tarwi and veza, their production should be promoted in these semi-arid Andean regions.

**Keywords:** Legumes; Soil management; FBN; Green manure

## Introducción

Estudios de rotación de cultivos han mostrado efectos positivos sobre el mantenimiento de niveles altos de la materia orgánica del suelo (Campbell *et al.* 1996; Omay *et al.* 1997; Espinoza *et al.* 2007).

En la rotación de cultivos, las leguminosas juegan un papel importante en las fracciones de la materia orgánica del suelo, debido a su efecto sobre la relación C/N (Potter *et al.* 1998). Las interacciones entre los efectos de corto y largo plazo entre rotaciones, labranzas y otras prácticas, son tan estrechas y complejas que es generalmente difícil separarlos y analizarlos individualmente. Por esta razón, es preferible analizar los sistemas de cultivo más que las prácticas aisladas (Studdert y Echeverría 2000).

En estudios en regiones tropicales sobre suelos ultisoles ácidos, el uso de residuos de leguminosas con siembra directa, solo contribuyó a incrementar la fracción lábil de C y N (Espinoza 2004). La fracción lábil que está representada por la masa microbiana, el C y el N potencialmente mineralizables (C1 y N1), parece ser la más sensitiva al cambio. Varios estudios han demostrado que tanto el C1 y N1, pueden ser buenos indicadores de cam-

bios por rotación de cultivos, fertilización o prácticas de labranza, ya que ellos representan la fracción más activa de la materia orgánica del suelo (Omay *et al.* 1997, Mollinedo *et al.* 2018).

Desde épocas remotas se reconoce al lupino como mejorador de la fertilidad del suelo, fijador de nitrógeno atmosférico y buen extractor de los nutrientes del suelo debido a sus raíces profundas (Gross 1982, Barrera 2015). El *Lupinus mutabilis* se adapta a condiciones de baja precipitación pluvial, suelos de baja fertilidad y a temperaturas entre -9.5°C y 28°C (Cifuentes *et al.* 2001).

Resulta importante considerar la existencia de especies con la capacidad de fijar N atmosférico, cuyo impacto en la sostenibilidad de los sistemas no se ha dimensionado en toda su magnitud. Dentro de estas especies destaca *L. angustifolius*, cuyos aportes de N a los sistemas, por vía fijación biológica, se han estimado entre 150 kg/ha/año y 222 kg/ha/año en suelos del Sudoeste de Australia (Unkovich *et al.* 1994).

Bajo las condiciones andinas del Ecuador, *Lupinus mutabilis* logra capturar N entre 400 y 900 kg/ha (Caicedo y Peralta 2000).

Vanek (2016), en comunidades del Norte de Potosí en Bolivia, y con la metodología de N<sup>15</sup>, encontró que *L. mutabilis*, tanto en suelos de textura ligera como de textura pesada, logra incrementar la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) y la Absorción de Nitrógeno del Suelo (ANS), cuando se fertiliza con superfosfato (140% más en suelos de textura ligera y 60% más en suelos de textura pesada). Mollinedo *et al.* (2018) encontró resultados y tendencias similares.

La roca fosfórica solo tiene su efecto en el incremento de la FBN y la ANS cuando es utilizado en suelos de textura ligera (60% más, respecto al control).

De la misma manera también encontró que en condiciones de temperaturas frías y suelos con bajo fosfato de calcio, existe incremento de la FBN y la ANS, cuando se fertiliza con superfosfato (140% más respecto al control) y también cuando se aplica roca fosfórica (60% más respecto al control).

En condiciones de temperaturas cálidas y suelos con alto fosfato de calcio, no se encontró efecto en la FBN y la ANS cuando se aplica roca fosfórica al suelo. Este efecto solo es perceptible cuando se aplica superfosfato (45% más respecto al control) (en revisión en la revista *Experimental Agriculture*).

Las diferencias en absorción de P por las especies vegetales, pueden estar relacionadas con la capacidad de la planta de modificar el pH de la rizosfera, por medio de diferentes mecanismos como la liberación de protones que la acidifican.

Así, las secreciones de las raíces de *Lupinus* contribuyen a solubilizar el fósforo del suelo y ponerlo a disponibilidad en la rizosfera (Gardner 1983, Alderete 2008).

*Lupinus albus*, *Lupinus cosentinii* y *Lupinus angustifolius* tienen la capacidad de movilizar y solubilizar fósforo de fuentes normalmente no aprovechables para otros cultivos (Jungk *et al.* 1993), permitiendo autoabastecerse de este nutrimento y favorecer a los cultivos asociados, particularmente durante la fase de floración (Cifuentes *et al.* 2001).

Pese a que *Lupinus albus* está adaptado a suelos ácidos, también puede crecer en suelos ligeramente básicos. Al crecer en suelos calcáreos y deficientes en P, tienen la capacidad de bajar el pH de la rizosfera de 7,5 a 4,8 y la cantidad de citrato liberado por las plantas es de 1 g/planta, lo que representa alrededor del 23% del peso seco, en comparación con la alfalfa, que sólo los secreta en un 0,3% de su peso seco (Alderete 2008).

Entre los mecanismos que estas especies utilizan para solubilizar y absorber nutrientes, están la absorción selectiva de cationes básicos que bajan el pH de la rizósfera, la desorción de fósforo de óxido de aluminio y hierro, por intercambio de aniones, la secreción de ácido cítrico, iones citrato, compuestos carboxilados, fosfatasa ácida e iones H<sup>+</sup> (Ozawa *et al.* 1995, Johnson *et al.* 1996, Alderete 2008).

Por otra parte, evaluaciones a base de roca fosfórica en Carolina del Norte, demostraron que *L. albus* y *L. angustifolius* pueden disolver más del 70% de roca alrededor de las raíces, debido probablemente a la excreción de protones que provocan un decremento del pH de la rizósfera (Cifuentes *et al.* 2001).

Considerando el potencial benéfico que se podría obtener por el cultivo de *Lupinus*, es necesario considerar que la tasa de acumulación de la materia orgánica

del suelo, es altamente dependiente de las características del suelo (estructura, textura, mineralogía) y de las características climáticas regionales (temperatura, humedad). Por ello, se espera que, en agroecosistemas bajo condiciones climáticas y características de suelo diferentes, respondan de manera diferente a los sistemas de manejo aplicados (Álvarez y Lavado 1998 y Hevia *et al.* 2003).

Los sistemas de producción de las regiones andinas semiáridas de Cochabamba, se tornan cada vez más vulnerables a las presiones que ejercen los mismos productores sobre sus suelos, obligados por la sobrevivencia y los cambios en el clima que están alterando los patrones de manejo de los cultivos y del ganado (Oros, 2018).

La reducción de la diversidad de cultivos, el poco descanso de los suelos y la baja capacidad de reposición de materia orgánica a los suelos, son algunas de estas causas antrópicas (PROINPA 2015).

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la inserción de leguminosas en la recuperación de los suelos y en el sistema de rotación tradicional, que no incluye este tipo de cultivos, en la región andina semiárida de Cochabamba, Bolivia.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo durante las campañas agrícolas 2014-2015 y 2015-2016. Los ensayos se establecieron en comunidades del municipio de Anzaldo, Cochabamba (Bolivia), ubicado a 62 km de la ciudad de Cochabamba, a una altitud de 3040 msnm, en las coordenadas 17°46'46" de latitud Sud y 65°55'56" de longitud Oeste.

El clima se caracteriza por una precipitación promedio de 450 mm/año y temperaturas que van de una mínima de 4°C a una máxima de 23°C.

Se tiene predominancia de suelos de escasa profundidad y la presencia de una roca dura continua (barrera física) y mucha pedregosidad, ello describe a un tipo de suelo predominantemente del tipo Leptosoles Éútricos con algunos Cambisoles Éútricos y Dístricos en campos con suelos más profundos.

Evaluaciones previas (PROINPA 2012) de la región donde se llevó a cabo el estudio, muestran que los suelos de Anzaldo son semi ácidos (5,7 de pH), de baja Conductividad Eléctrica (0,06 mmhos/cm), es decir no son salinos, tienen muy baja CIC (6,22 meq/100 g) atribuible a su bajo contenido de materia orgánica (0,93%), consecuentemente un pobre contenido de N (0,06%); el P también muestra un bajo nivel (4,92 ppm) y el K está en una proporción moderada (0,91 me/100 g).

En general son suelos Franco Arenosos a Franco Limosos y su densidad aparente es alta (1,51 g/cc), como producto de su compactación.

El primer año (2014-2015) para establecer el efecto de las leguminosas de grano: arveja (*Pisum sativum*), veza (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) y tarwi (*Lupinus mutabilis*), sobre el suelo y la rotación de cultivos, se implantaron dos ensayos como réplicas en dos eco regiones diferentes por su suelo. Estas eco regiones están representadas por las comunidades:

- ⇒ Muña Mayu (Eco región 1)
- ⇒ Tijraska (Eco región 2)

La primera presenta suelos más superficiales y pobres respecto a la segunda. La arveja fue utilizada como testigo porque es la leguminosa más cultivada en la región.

La veza y el tarwi fueron elegidos por sus antecedentes favorables en similares condiciones. Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones. Los tratamientos utilizados fueron:

- ⇒ T1: Parcela en descanso
- ⇒ T2: Arveja
- ⇒ T3: Veza
- ⇒ T4: Tarwi

Las variables de cultivo evaluadas fueron: materia seca foliar, número de panojas, número de vainas/panoja, materia seca de raíz, número de nódulos de rizobias/planta, peso de nódulos de rizobias/planta, hojarasca y rendimiento.

Las variables de suelo evaluadas fueron: respiración del suelo, evaluada con el equipo Vernier LabQuest 2 que es una interfaz autónoma, utilizada para recoger datos de sensores con su aplicación integrada de gráficos y análisis. El sensor de gas que se acopló a este equipo, permite medir los niveles de CO<sub>2</sub>, controlando la cantidad de radiación infra roja absorbida por las moléculas de este gas.

Para conocer el K intercambiable, la materia orgánica total, el N total y el P disponible, se tomó muestras compuestas de suelo, las que fueron enviados al *Laboratorio Suelos y Aguas* de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la UMSS.

En el segundo año (2015-2016) y para determinar el efecto residual de estas leguminosas, se sembró trigo (*Triticum aestivum*), como cultivo indicador, siendo además el cultivo más importante de la región.

Las variables de cultivo evaluadas en trigo fueron:

- ⇒ Número de espigas
- ⇒ Número de granos/espiga
- ⇒ Rendimiento

## Resultados y discusión

La producción de biomasa seca de leguminosas, en dos eco regiones, como potencial aporte a la materia orgánica del suelo, se muestra en el Cuadro 1.

En general, el desarrollo de las leguminosas en la eco región 1 (representada por la comunidad Muña Mayu) fue inferior al de la eco región 2 (representada por la comunidad Tijraska), atribuible principalmente a la diferencia en la calidad de los suelos entre ambas eco regiones.

Los suelos superficiales de Muña Mayu constituyen una gran limitación para el desarrollo de la raíz del tarwi, lo que repercute en un menor desarrollo del cultivo.

En ambas eco regiones, la producción de biomasa seca de raíz de tarwi y veza son superiores al de la arveja y al de las especies nativas que se desarrollaron en las parcelas en descanso.

**Cuadro 1.** Producción de materia seca de raíz, follaje y hojarasca por leguminosas, en las eco regiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) de Anzaldo, en el ciclo 2014-2015

Materia seca de raíces (t/ha)			
Tratamiento	Muña Mayu (2014-2015)		Tijraska (2014-2015)
Descanso	0,25	b	1,75 B
Arveja	0,04	c	0,08 C
Veza	0,89	a	2,30 A
Tarwi	0,77	a	2,07 A
<b>Promedio</b>	<b>0,49</b>		<b>1,55</b>
Materia seca de follaje (t/ha)			
Descanso	1,72	bc	5,05 B
Arveja	1,60	c	3,26 C
Veza	2,70	b	6,14 A
Tarwi	4,77	a	6,19 A
<b>Promedio</b>	<b>2,70</b>		<b>5,16</b>
Materia seca de hojarasca (t/ha)			
Descanso	--		--
Arveja	0,20	c	0,10 C
Veza	0,64	b	0,56 B
Tarwi	1,47	a	4,03 A
<b>Promedio</b>	<b>0,77</b>		<b>1,56</b>

Letras iguales, por columna y variable, son estadísticamente similares al 95% de probabilidad

Esto muestra la importancia del tarwi y la veza en la reposición de materia orgánica al suelo a través de sus raíces. Betancourt *et al.* (1999) indican que la materia orgánica aportada por el sistema de raíces de los pastos, mejora algunas propiedades físicas del suelo como la capacidad de infiltración y la estabilidad estructural.

El aporte de biomasa de raíz por las especies nativas (parcelas en descanso) no deja de ser importante porque es superior al de arveja, que es la leguminosa más cultivada en la región. En condiciones de suelos más pobres como en el caso de la eco región 1 (Muña Mayu), la biomasa seca foliar de tarwi es superior al de veza,

arveja y las especies nativas. En condiciones de suelos menos pobres como en la eco región 2 (Tijraska), la biomasa seca de veza es similar a la de tarwi y superiores a la de las especies nativas (parcelas en descanso) y de arveja. En esta última eco región, el aporte de las especies nativas no deja de ser importante, porque es superior al de arveja.

En las regiones semiáridas andinas de Bolivia, la importancia del residuo de cosecha foliar de los cultivos (rastroyo), radica en el uso forrajero que los productores le dan, especialmente en épocas de estiaje, cuando escasean las pasturas nativas en campo.

El tarwi escapa a esta valoración porque el sabor amargo de su follaje, evita ser apetecido por los animales y su mejor aporte al agro ecosistema está en su incorporación al suelo para mejorar las tasas de materia orgánica.

La hojarasca (hojas maduras que caen al suelo en forma natural) también constituye un aporte a la materia orgánica del suelo. El tarwi genera una hojarasca muy superior al resto de los cultivos, lo que nuevamente la muestra como un buen aportador a la mejora del suelo. Esta variable si bien se registró en el tratamiento T1 (parcela en descanso), los valores alcanzados eran muy bajos, cercanos a cero, por tanto no se los consideró para ser reportados.

De acuerdo a Alegre *et al.* (1998), la velocidad con la que se libera los nutrientes de la hojarasca, depende de la rapidez con que se produce la defoliación y una vez depositada sobre el suelo, de la rapidez con la que se descompone la materia orgánica.

Las especies arbustivas del género *Medicago*, como otras leguminosas, realizan una considerable aportación de nitrógeno al sistema suelo-planta.

La producción de rizobias (en número y peso) y la fijación de nitrógeno por las leguminosas, como aporte a la mejora del suelo, se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Número y peso de nódulos de *Rhizobium* y aporte de N al suelo, por tres leguminosas en las eco regiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) de Anzaldo, en el ciclo 2014-2015

Número de nódulos por planta				
Tratamiento	Muña Mayu (2014-2015)		Tijraska (2014-2015)	
Arveja	3,63	c	1,25	C
Veza	8,46	b	7,00	B
Tarwi	21,45	a	16,70	A
<b>Promedio</b>	<b>11,18</b>		<b>8,32</b>	
Peso seco de nódulos por planta (g)				
Arveja	0,13	c	0,10	C
Veza	1,23	b	1,15	B
Tarwi	3,95	a	3,93	A
<b>Promedio</b>	<b>1,77</b>		<b>1,73</b>	
Aporte de Nitrógeno (kg/ha)				
Arveja	1,19	c	0,90	C
Veza	15,14	b	10,43	B
Tarwi	37,60	a	37,37	A
<b>Promedio</b>	<b>17,98</b>		<b>16,23</b>	

Letras iguales, por columna y variable, son estadísticamente similares al 95% de probabilidad

Claramente destaca el tarwi sobre la veza y ésta sobre la arveja. En las especies nativas (parcelas en descanso) no se pudo identificar la presencia de nódulos de rizobias. El mayor efecto de tarwi podría deberse a la mayor presencia en los suelos de cepas de *Rhizobium* afines al tarwi o posiblemente al transporte de estas rizobias a través de la semilla, aspecto que es necesario estudiar.

El establecimiento de tarwi y veza en los sistemas de cultivo de estas regiones, podría acentuar la presencia de cepas *específicas* de *Rhizobium* y consecuentemente mejorar su nodulación. En relación a la fijación de N, en el mismo Cuadro 2 se aprecia un mayor aporte de este elemento por el tarwi, seguido de veza.

Este aporte es importante porque repercute directamente en el aprovechamiento por otros cultivos del sistema de rotación, como el trigo y la papa. Kelstrup *et al.* (1996) reportaron 34, 112, 119 y 25 kg/ha de N fijado por arveja verde, arveja seca, tarwi y lenteja, respectivamente.

Según Pino *et al.* (2008), los materiales orgánicos agregados al suelo, generan incrementos en la actividad biológica la cual se mide a través de la respiración, el contenido de carbono y nitrógeno de la biomasa microbiana del suelo. El efecto de las leguminosas sobre la respiración del suelo, medido en dos momentos, durante el desarrollo de estos cultivos (febrero 2015) y durante la rotación con trigo (marzo 2016), se muestra en la Figura 1.

Se aprecia mayor actividad en las parcelas donde se cultivó veza y tarwi, respecto a las parcelas con arveja y con especies nativas (parcelas en descanso). El mayor aporte de materia orgánica y nitrógeno por estas especies, puede ser la

causa para el incremento de la actividad microbiana y consecuentemente para una mayor respiración del suelo.

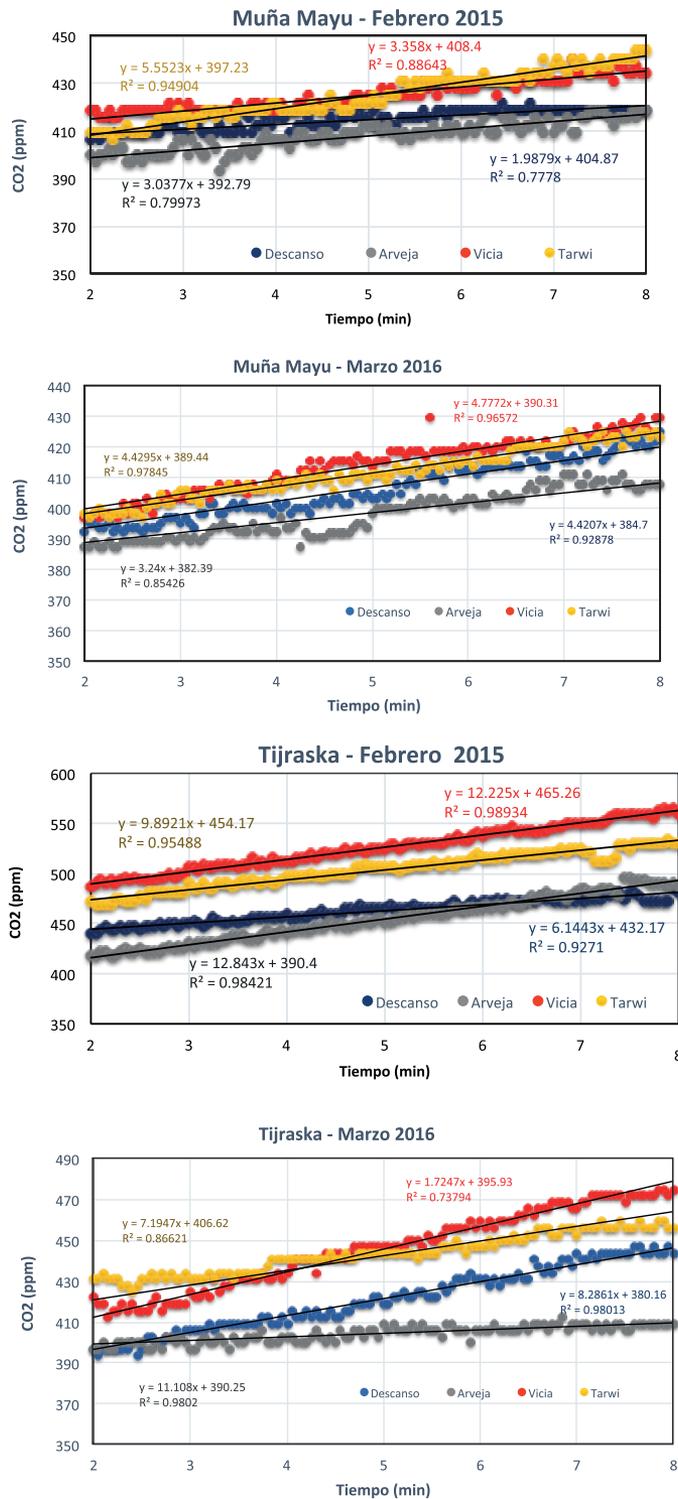
El efecto residual de estas leguminosas, en términos de mayor aporte en materia orgánica y nitrógeno al suelo (tal como se muestra en los cuadros 1 y 2), generó una mayor respiración del suelo (Figura 1), producto probablemente de una mayor actividad biológica, que se expresó en el trigo, como cultivo siguiente de la rotación (Cuadro 3).

Así, el rendimiento de trigo fue mayor en la eco región 2 (Tijraska) respecto a la eco región 1 (Muña Mayu), atribuible a la calidad de los suelos.

En ambas eco regiones, el efecto residual de la veza y el tarwi, sobre el rendimiento de trigo, es similar pero superior al de arveja y al de las especies nativas. Estudios de rotación de cultivos han mostrado efectos positivos sobre el mantenimiento de niveles altos de la materia orgánica del suelo (Campbell *et al.* 1996, Omay *et al.* 1997; Espinoza, *et al.* 2007).

En la rotación de cultivos, las leguminosas juegan un papel importante en las fracciones de la materia orgánica del suelo, debido a su efecto sobre la relación C/N (Potter *et al.* 1998). Por lo tanto, la rotación con leguminosas se constituye en una alternativa para agricultores de bajos recursos que buscan mantener la fertilidad de sus suelos.

Este efecto residual que se manifiesta de un año al otro, muestra el aprovechamiento de N dejado por estas leguminosas y también la acelerada tasa de mineralización que sufre la materia orgánica de los suelos, la cual se debe al incremento de la temperatura, producto del cambio climático.



**Figura 1.** Tasa de respiración del suelo por efecto del cultivo de leguminosas en las eco regiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) de Anzaldo, evaluada en dos años consecutivos

**Cuadro 3.** Efecto residual de leguminosas en el rendimiento de trigo (kg/ha) en las eco regiones “planicie alta y seca” (comunidad Muña Mayu) y “ladera media” (comunidad Tijraska) de Anzaldo, ciclo 2015-2016

Tratamiento	Muña Mayu	Tijraska
Descanso	173 b	1913 B
Arveja	158 b	1751 B
Veza	197 b	2592 A
Tarwi	213 a	2298 AB
<b>Promedio</b>	<b>185</b>	<b>2139</b>

Letras iguales, por columna, son estadísticamente similares al 95% de probabilidad

La actividad metabólica de los organismos se inicia cuando se supera un determinado umbral térmico, aumenta a medida que las temperaturas se elevan hasta un cierto valor máximo y finalmente se reduce rápidamente cuando las temperaturas superan este valor (Julca *et al.* 2006). Por tanto, si no se replantea el sistema de rotación local, incluyendo leguminosas y aporte de materia orgánica, la consecuencia será la pérdida gradual de la fertilidad y la productividad del suelo.

## Conclusiones

- Existe diferencias en el desarrollo y productividad de las leguminosas tarwi (*Lupinus mutabilis*), veza (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*) y arveja (*Pisum sativum*) entre eco regiones, atribuible a la calidad de los suelos.
- Las leguminosas tarwi y veza generaron mayor biomasa foliar y radicular que las especies nativas, y por tanto mayor aporte a la reposición de materia orgánica al suelo con estas especies cultivadas, en comparación con la vegetación nativa.
- El tarwi genera mayor hojarasca que el resto de las leguminosas lo que

nuevamente muestra su mayor capacidad para mejorar la materia orgánica del suelo.

- Igualmente, el tarwi produce más nódulos de rizobias en relación a las otras leguminosas y aporta con mayor cantidad de nitrógeno al suelo. Este aporte repercute en el aprovechamiento por otros cultivos del sistema de rotación como trigo y papa. La nodulación de veza también es importante. No se evidenció nodulación y por tanto *Fijación Biológica de Nitrógeno* en las parcelas en descanso (vegetación nativa).
- Los suelos con mayor respiración fueron aquellos donde se cultivó tarwi y veza, respecto a las parcelas con arveja y con especies nativas. La respiración del suelo es una manera indirecta de medir la actividad microbiana de éste.
- El efecto residual del tarwi y la veza sobre el rendimiento de trigo, fue superior al de arveja y al de las especies nativas. Este efecto residual que se manifiesta de un año al otro, muestra principalmente el aprovechamiento de nitrógeno dejado por estas leguminosas.

## Referencias citadas

- Alderete A. 2008. Distribución altitudinal, tratamientos pre germinativos e influencia de *Lupinus* spp. (Fabaceae: Papilionoideae) en la fertilidad de suelos forestales. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, México. 120 p.
- Alegre J., Sobrino E., Guerrero A., Tenorio J., Andrés E., Ceresuela J., Ayerbe L. 1998. Biomasa foliar aportada al suelo por leguminosas arbustivas del género *Medicago*. Actas del Tercer Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica SEAE. Valencia, España. pp. 357-362.
- Álvarez R., Lavado R. 1998. Climate, organic matter and clay content relationship in the Pampa and Chaco soils. *Geoderma*. 83: 127-141.
- Barrera C. 2015. Evaluación del frijol lupinus (*Lupinus mutabilis*) como abono verde para la producción agroecológica en el municipio de Subachoque Cundinamarca. Tesis para Ingeniero en Agroecología. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Colombia. 79 p.
- Betancourt P., González J., Figueroa B., González F. 1999. Materia orgánica y caracterización de suelos en proceso de recuperación con coberturas vegetativas en zonas templadas de México. *Terra Latinoamericana*. México. Vol. 17. Nro. 2. pp. 139-148.
- Caicedo C., Peralta E. 2000. Zonificación potencial para el cultivo de chocho. **En:** Zonificación potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador, FUNDACYT, INIAP.
- Campbell C., Conkey B., Zentner R., Sellers F., Curtin D. 1996. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in south western Saskatchewan. *Canada. J. Soil. Sci.* 76: 395-401.
- Cifuentes R., Núñez E., Espinosa H., Alcántar G. 2001. Asociación lupino-maíz en la nutrición fosfatada en un Andosol. *Terra Latinoamericana*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México Vol. 19. Nro. 2. pp. 141-154.
- Espinoza Y., Lozano Z., Velásquez L. 2007. Efecto de la rotación de cultivos y prácticas de labranza sobre las fracciones de la materia orgánica del suelo. *Asociación Interciencia*. Caracas, Venezuela. Vol. 32. pp. 554-559.
- Espinoza Y. 2004. Calidad de la materia orgánica bajo diferentes prácticas de manejo en un suelo ácido tropical. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 21: 126-140.
- Gardner W. 1983. The acquisition of phosphorus by *Lupinus albus* L. *Plant Soil*. 70: 107-124; 391-402.
- Gross R. 1982. El cultivo y la utilización del tarwi *Lupinus mutabilis* Sweet. *Estudio FAO: Producción y protección vegetal* 36. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
- Hevia G., Buschiazzo D., Hepper D., Urioste A., Antón E. 2003. Organic matter in size fractions of soils of the semiarid Argentina. Effects of climate, soil texture and management. *Geoderma*. 116: 265-277.
- Johnson T., Cecava M., Sheiss E., Cunningham K. 1996. Addition of ruminally degradable crude protein and branched-chain volatile fatty acids to diets containing hydrolyzed feather meal and blood meal for lactating cows. *J. Dairy Sci.* 77 (12): 3676-3682.

- Julca A., Meneses L., Blas R., Bello B. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. IDESIA. Chile. Vol. 24. Nro. 1. pp. 49-61.
- Jungk A., Seeling B., Gerke J. 1993. Mobilization of different phosphate fractions in the rhizosphere. *Plant and Soil* 155/156: 91-94.
- Kelstrup L., Rowarth J., Williams P., Ronson C. 1996. Nitrogen fixation in peas (*Pisum sativum* L.), lupins (*Lupinus angustifolius* L.) and lentils (*Lens culinaris* Medick.) *Agronomy Society. New Zealand*. 26: 71-74.
- Mollinedo O., Angulo M., Ortuño N. 2018. Respuesta del tarwi a la inoculación con cepas de rizobias aisladas de plantas silvestres y cultivadas de *Lupinus* a nivel de invernadero. *Revista de Agricultura* Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Oros R., Lazarte M., Alemán A. 2018. Herramientas metodológicas para analizar la incorporación de nuevos cultivos en sistemas sociales y económicos de alta vulnerabilidad. *Revista de Agricultura* Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Omay A., Rice C., Maddux L., Gordon W. 1997. Changes in soil microbial and chemical properties under long-term crop rotation and fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1672-1678.
- Ozawa K., Yamamoto M., Shimahara Y., Kishida A., Tabata R. Takahashi M., Terada Y., Iwata S., Kobayashi T. 1995. The redox theory in evolution. *Journal of HBP Surgery*. 2: 205-214.
- Pino A., Repetto C., Mori C., Perdomo C. 2008. Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*. Vol. 26 Nro.1. Chapinango, México. pp. 43-52.
- PROINPA. 2012. Informe Anual de Proyectos. Agricultura de conservación como un posible camino hacia una mejor gestión de los recursos, productividad y condiciones socioeconómicas mejoradas en la región andina. Cochabamba, Bolivia. 103 p.
- PROINPA. 2015. Informe compendio 2011-2014. Cochabamba, Bolivia. pp 12-19.
- Potter K., Tolbert H., Jones O., Matocha J., Morrison J., Unger P. 1998. Distribution and amount of soil organic C in long-term management system in Texas. *Soil Till. Res.* 47: 309-321.
- Studdert G., Echeverría H. 2000. Soja, girasol y maíz en los sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. pp. 407-437. **En:** F. Andrade y V. Sadras (eds.). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. INTA, Facultad de Ciencias Agrarias. Advanta Semillas SAIC.
- Unkovich M., Armstrong E. 1994. Nitrogen benefits of lupins, field pea, and chickpea to wheat production in South-Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*. 45 (1): 39-47.
- Vanek S., Drinkwater L. 2016. Integrating scientific and local soils knowledge to examine options by context interactions for phosphorus addition to legumes in an Andean agro ecosystem. Pennsylvania State University Ithaca. New York USA.

Trabajo recibido el 14 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 19 de junio de 2018

## Mejora genética del tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Bolivia

Julio Gabriel\*; Juan Vallejos; Pablo Mamani; Ada Angulo

Fundación PROINPA - \* Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

E mail: julio.gabriel@unesum.edu.ec

**Resumen.** Con el objetivo de conocer los avances, oportunidades y desafíos de la mejora genética del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia, se hizo una revisión bibliográfica de las investigaciones realizadas para la obtención de nuevos cultivares mejorados de esta leguminosa. Se observó que en países como Perú, Ecuador y Chile, se lograron obtener y liberar algunas cultivares de *L. mutabilis* en la última década. En Bolivia, el Centro Fitoeconómico Pairumani obtuvo cultivares de tarwi, pero no fueron difundidos. Muy recientemente la Fundación PROINPA inició actividades de mejora genética, logrando obtener a través de cuatro años de selección masal estratificada, dos nuevos cultivares (*Jayata* y *Candela*). Estos nuevos cultivares son uniformes al momento de la floración, lo que facilitaría la cosecha; el color de los granos para ambos cultivares es blanco y en el caso del cultivar Candela, tiene menos contenido de alcaloides. Finalmente se han identificado diversos factores para los cuales se necesita realizar mejora genética, que van desde la precocidad, la uniformidad de la arquitectura y la altura de planta, resistencia a factores restrictivos, menor contenido de alcaloides, etc.

**Palabras clave:** Germoplasma; Biodiversidad; Factores bióticos; Fitomejoramiento

**Summary. Plant breeding of lupine (*Lupinus mutabilis* Sweet) in Bolivia.** In order to know the advances, opportunities and challenges of the genetic tarwi improvement (*Lupinus mutabilis*) in Bolivia, a bibliographic review of research carried out with the aim to obtaining new improved cultivars of this legume, was made. It was observed that in countries like Peru, Ecuador and Chile, some cultivars of *L. mutabilis* were obtained and released in the last decade. In Bolivia, the Pairumani Phytoecogenetic Center obtained tarwi cultivars, but they were not diffused. Very recently, the PROINPA Foundation initiated genetic improvement activities, achieving through four years of stratified mass selection, two new cultivars (*Jayata* and *Candela*). These new cultivars are uniform at flowering time, facilitating the harvesting; the color of the grains for both cultivars is white and in the case of Candela cultivar, it has less alkaloid content. Finally, several factors have been identified for which genetic improvement is needed, ranging from precocity, uniformity of architecture and plant height, resistance to restrictive factors, lower alkaloid content, and others factors.

**Keywords:** Germplasm; Biodiversity; Biotic factors; Plant breeding

### Importancia nutricional

El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa andina altamente valorada como un alimento para el humano y los animales y también como cultivo que

contribuye a la mejora del suelo por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Ferrera-Cerrato y Alarcón 2014).

Sin embargo, su cultivo se da en menor escala por el sabor amargo de las semi-

llas, debido a la presencia de alcaloides quinolizidínicos (Castañeda *et al.* 2008).

La semilla tiene un alto contenido de proteínas, aceites, vitaminas y minerales (Gandarillas *et al.* 2018a).

## Distribución geográfica

En Bolivia, el tarwi se cultiva en el altiplano, la puna altoandina y en los valles interandinos, localizados a altitudes entre 2500 y 4000 msnm de los departamentos de Cochabamba, La Paz, Potosí y Chuquisaca (Vicente-Rojas 2016, Gandarillas *et al.* 2018b).

Se considera que las zonas con mayor tradición de cultivo y consumo se encuentran en los departamentos de Cochabamba y La Paz (Gandarillas *et al.* 2018b). En los valles interandinos de altura de Cochabamba, Potosí, La Paz, Chuquisaca, los pequeños agricultores cultivan tarwi en pequeñas superficies y para autoconsumo (Vicente-Rojas 2016).

## Rendimiento

Los rendimientos de tarwi en Bolivia, según el último Censo Agropecuario 2013, están en 425 kg/ha en promedio (INE 2015; Gandarillas *et al.* 2018b).

Jacobsen y Mujica (2006) aseveran que los rendimientos de tarwi pueden alcanzar los 3500 a 5000 kg/ha, cuando el cultivo es conducido en forma adecuada y se le proporciona todos sus requerimientos en forma oportuna.

Los bajos rendimientos del tarwi en Bolivia se deben a múltiples factores, de los cuales uno de los más importantes es que esta especie es aún semi-domesticada, por lo que no existen o no se dispone de

cultivares mejorados. La mayoría de los ecotipos locales son de porte alto, de crecimiento indeterminado, maduración no uniforme, baja relación hoja-tallo, bajo índice foliar, granos pequeños y con alto contenido de alcaloides (Gross *et al.* 1988) y susceptibles a varias enfermedades y plagas (Plata y Gandarillas 2018, Crespo *et al.* 2018).

## Enfermedades y plagas que afectan al tarwi

Se reportaron diversas enfermedades afectando el cultivo de tarwi (Plata y Gandarillas 2018), en general, todas pueden causar pérdidas moderadas a severas, pero las más importantes son la roya (*Uromyces* sp.), la antracnosis (*Colletotrichum lupini*) y los amarillamientos (*Fusarium* sp.).

También existen diversas plagas que afectan este cultivo. Crespo *et al.* (2018) mencionan al picudo negro del tarwi (*Apion* sp.) y la mosca del tarwi (*Delia platura*), como los de mayor importancia por su persistencia en todos los años.

## Diversidad genética disponible

En Sur América una parte del género *Lupinus* se encuentra en la zona del Atlántico y llega a Argentina y el Sur de Chile; la otra está en la Cordillera de los Andes, desde Colombia y Venezuela hasta Bolivia, mostrando una alta variabilidad inter específica (Mera 2016).

Los lupinos pueden ser anuales, perennes; arbustivos, leñosos o arbóreos; de hábito erecto, postrado o semi postrado; autógamos o con cierto grado de alogamia y con variación en el número de cromosomas. La plasticidad fenotípica, la presencia tanto de especies anuales como

perennes en Norte y Sudamérica, la capacidad de adaptarse a diversos ambientes y la presencia de alogamia, han dificultado la delimitación taxonómica y muchos de los llamados *taxas* son a menudo solamente ecotipos (Mera 2016, Bonifacio *et al.* 2018).

*Lupinus mutabilis*, la especie cultivada en los Andes es autógama pero presenta un grado de alogamia de 17% a 59% (Caligari *et al.* 2000) y poca variación en el número de cromosomas ( $2n = 48$ ), se la considera que es un poliploide, pero funcionalmente es diploide lo que facilitaría su mejoramiento genético (Barney 2011).

El tarwi presenta gran variabilidad en la arquitectura de la planta, adaptación a suelos, precipitación, temperatura y altura, así como en el color del grano y de la flor. La colección de germoplasma en Bolivia se inició en el año 1976, a través de las recolecciones del Centro Fitoecogenético Pairumani (Ríos 1982). En la actualidad se reportan 119 accesiones de *L. mutabilis* en el Banco Nacional de Germoplasma del INIAF (GRIN-GLOBAL 2018). Muchas evaluaciones de este material fueron realizadas para seleccionar material promisorio con alto rendimiento (GRIN-GLOBAL 2018).

Se debe mencionar que en las especies de *Lupinus* no andinas, como es el caso de *L. angustifolium*, *L. luteus* y *L. albus*, ocurren hibridaciones inter específicas, lo que también se ha observado en *L. mutabilis* (Camarena *et al.* 2012).

Esto hace que la variabilidad genética de esta planta sea mayor. Chirinos-Arias *et al.* (2015), encontraron variabilidad genética e interacción considerable en *L. mutabilis*, utilizando marcadores moleculares tipo ISSR.

## Avances en el mejoramiento genético en Bolivia y la región andina

La mejora genética del tarwi (*L. mutabilis*) en Latinoamérica, se basó principalmente en la selección dentro los ecotipos nativos para adaptar líneas amargas a condiciones particulares. Varios cultivares fueron obtenidos por la selección dentro de poblaciones heterogéneas y no propiamente como resultado de programas de hibridaciones.

Selecciones masales en *L. mutabilis* fueron realizadas en Cusco, Huancayo, Ayacucho y Puno en Perú, en Cochabamba y Potosí en Bolivia y en Ecuador. Más de 12 nuevos cultivares fueron obtenidos (Cowling *et al.* 1998).

Un cultivar dulce de *L. mutabilis* es el cv. Inti. En la Estación Experimental de Gorbea en Chile, se obtuvo este cultivar dulce, libre de alcaloides en 1988 (von Baer y von Baer 1988). Este trabajo marca el inicio de la mejora genética de *Lupinus mutabilis*. El cultivar Inti fue evaluado en los Andes Peruanos, donde los rendimientos obtenidos estuvieron en el rango de 121 a 1216 kg/ha (Mujica 1994, Gross *et al.* 1988).

En Ecuador, el INIAP obtuvo por selección, el cultivar INIAP - 450 (*Andino*) en el año 1999. Este es un cultivar susceptible a enfermedades foliares y el rendimiento fue superior en 183% a los ecotipos locales (INIAP 1999).

Luego fue obtenido el cultivar INIAP - 451 (*Guaranguito*), que fue seleccionado por su tolerancia a enfermedades foliares, calidad, tamaño y color de grano (blanco), ciclo intermedio y aceptación en el mercado (Peralta *et al.* 2010).

En Bolivia la mejora genética del tarwi se basó en la selección de los mejores ecotipos locales (Ríos 1982), habiéndose logrado varios cultivares (Ávila 1979) pero que no fueron difundidos y aún se encuentran conservados en el *Centro Fitogenético Pairumani*.

La Fundación PROINPA inició actividades de mejora genética de tarwi en el año 2013, evaluando genotipos locales de *L. mutabilis*. Este experimento fue realizado con material recolectado de varias partes del país (Angulo *et al.* 2016). Esto permitió observar que era posible iniciar un proceso de selección masal estratificada y con competencia completa (von Baer 1980), para mejorar la especie y lograr nuevos cultivares.

En el mismo año, en parcelas de agricultores de la zona de Anzaldo, se inició un proceso de selección masal estratificada, para lo cual fueron seleccionadas 2000 plantas de 120 parcelas de tarwi (aproximadamente 60 ha). La selección de las plantas se realizó tomando en cuenta las características agronómicas y morfológicas de precocidad, arquitectura de la planta, nivel de contenido de alcaloides y rendimiento.

En el año 2014-2015, la semilla de las plantas seleccionadas fue sembrada en surcos individuales y evaluadas por las mismas variables antes mencionadas.

Adicionalmente, en la misma campaña, en la zona de Tiraque Cochabamba, fueron seleccionadas otras 4000 plantas de 115 parcelas de agricultores, que se sumaron al material del primer año.

El material de ambas zonas se evaluó durante tres años consecutivos en Tiraque, Anzaldo y Colomi (Cochabamba).

En todas las etapas de selección en campos de agricultores, las líneas fueron testeadas por su nivel de alcaloides en grano, utilizando un equipo de luz ultravioleta; en planta se seleccionó a través de la degustación de las vainas verdes utilizando una escala cualitativa [*amargo* de 1 a 2 (A); *débilmente amargo* de 2 a 3 (DA) y *dulce* mayor a 3 (D)] (Cuadro 1)

En el Cuadro 1, se observa que en la campaña 2013-2015, fueron seleccionadas 6000 plantas en Anzaldo y Tiraque. De este total de plantas fueron obtenidas tres líneas en Anzaldo y 10 líneas en Colomi. Estas líneas seleccionadas fueron sometidas a ensayos de rendimiento en ambos sitios (figuras 1 y 2).

**Cuadro 1.** Número de líneas seleccionadas de tarwi en cuatro campañas agrícolas y en base a tres características

Característica	2013-2014		2014-2015		2015-2016		2016-2017	
	Anzaldo	Tiraque	Anzaldo	Colomi	Anzaldo	Colomi	Anzaldo	Colomi
Precocidad	450	1500	55	5	2	4		
Precocidad y arquitectura	250	1000	25	3				
Precocidad y nivel de alcaloide	1300	1500	170	17	1	6		
<b>Total</b>	<b>2000</b>	<b>4000</b>	<b>250</b>	<b>25</b>	<b>3</b>	<b>10</b>		

Las figuras 1 y 2, muestran que el rendimiento de las líneas de tarwi fue diferente para cada zona.

En general, los rendimientos fueron superiores en Colomi respecto de Anzaldo. Las líneas Pr40 y Pr13, alcanzaron rendimientos superiores a 1,1 t/ha de grano con respecto a las demás líneas.

La altura de planta presentó diferencias entre las líneas. Las plantas desarrollaron mejor en Colomi que en Anzaldo. Asimismo, la línea Pr40 presentó un nivel de alcaloide más bajo, cuando se realizaron testeos cualitativos en campo.

Para los tres años y en las dos zonas consideradas, se encontraron diferencias significativas para las variables número de vainas por planta y número de granos por planta, para las líneas Pr40, Pr22 y Pr13.

Estas líneas tuvieron mayor número de vainas por planta respecto a las otras líneas evaluadas.

Por las buenas características que presentaron, la línea Pr40 está en proceso de

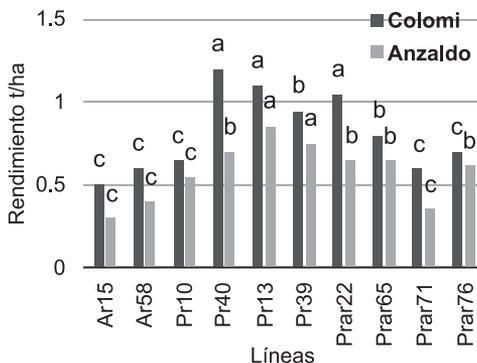
registro con el nombre de *Jayata* y Pr13 con el nombre de *Candela*.

En el Cuadro 2 se detalla las características morfo-agronómicas de la línea *Jayata*, donde se evidencia que el cultivar *Jayata* tuvo una altura de planta de 110 cm a 130 cm, mientras que el ecotipo local alcanzó una altura superior a 180 cm.

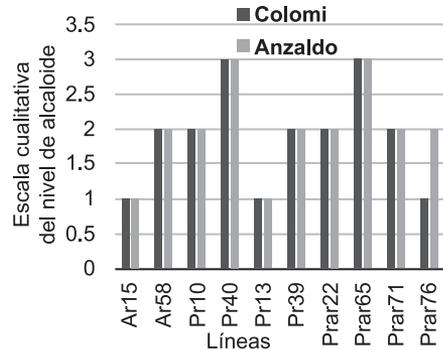
El cultivar *Jayata* es uniforme al momento de la floración, lo cual favorece a la maduración uniforme de las vainas y la cosecha oportuna de los granos.

El color de los granos del nuevo cultivar es blanco, mientras los granos del ecotipo local tienen diferentes colores, que van desde negros enteros hasta colores combinados entre blanco y café.

El cultivar *Candela* mostró hábito de crecimiento indeterminado, una altura de planta de 90 cm a 120 cm, la distribución de sus ramas es uniforme, las plantas maduran al mismo tiempo, el color de los granos es blanco y con un nivel de alcaloide bajo (Cuadro 3).



**Figura 1.** Rendimiento promedio de las líneas de tarwi en Anzaldo y Colomi (2014-2017)



**Figura 2.** Nivel de alcaloide según la escala cualitativa (2014-2017)

**Cuadro 2.** Características morfo-agronómicas del cultivar *Jayata*

Planta	Flor	Grano
- Hábito de crecimiento indeterminado.	- Época de floración tardía.	- Longitud de la vaina es media.
- Altura de la planta en estado vegetativo, media.	- Altura de la planta al comienzo de la floración es media.	- Época de la madurez de la vaina media.
- La intensidad del color verde de la hoja antes de la emergencia de la yema es claro.	- El color de las alas es violeta. - El color de la punta de la quilla es amarillo.	- Ornamentación en el grano, ausente. - El grano tiene un sabor poco amargo.
- La pigmentación antociánica del tallo antes de la emergencia de la yema es media.		- El peso de 100 semillas es intermedio.

**Cuadro 3.** Características morfo-agronómicas del cultivar *Candela*

Planta	Flor	Grano
- Hábito de crecimiento indeterminado.	- Época de floración temprana.	- Longitud de la vaina es corta.
Altura de la planta en estado vegetativo baja.	- Altura de la planta al comienzo de la floración es baja.	- Época de la madurez temprana.
La intensidad del color verde de la hoja antes de la emergencia de la yema es claro.	- El color de las alas es violeta.	- Ornamentación en el grano presente.
La pigmentación antociánica del tallo antes de la emergencia de la yema es media.	- El color de la punta de la quilla es amarillo.	- Color de la ornamentación es marrón.
		- Distribución de la ornamentación aureola solamente.
		- El grano tiene un sabor poco amargo.
		- El peso de 100 semillas es liviano.

## Oportunidades y desafíos

En general, se ha observado que los ecotipos locales de *L. mutabilis* son bajos en rendimiento, aunque esto no necesariamente está asociado a la baja producción de biomasa.

Por tanto, el mejoramiento genético necesita centrarse en el cruzamiento entre las líneas identificadas de mayor rendimiento, para incrementar la producción de vainas, el rendimiento de semilla y el índice de cosecha, y tratar de incorporar el mejor material identificado por su resistencia a enfermedades y plagas.

Es recomendable incrementar el número de nudos por planta y promover un desarrollo temprano del área foliar. Se necesita una comprensión de la adaptación, la interacción del genotipo con el ambiente y la variación genética disponible en colecciones de germoplasma más amplias.

Se ha observado que el tarwi es menos capaz de tolerar el estrés hídrico, por lo tanto, se requiere estudios sobre el uso de agua de este cultivo para buscar tolerancia a la sequía. Existe también el potencial de utilizar muchas de las 80 especies estrechamente relacionadas con el tarwi, ya que se presume que tienen el mismo número cromosómico; también se presume que se puede lograr cruzamientos inter específicos (Clements *et al.* 2008, Bonifacio *et al.* 2018).

Caracteres como la precocidad, la uniformidad de la arquitectura y la altura de planta, son prioritarios a mediano plazo; en cambio, la resistencia a ciertas enfermedades como la antracnosis, el ciclo indeterminado y el contenido de alcaloides, al parecer son complejos y de heren-

cia cuantitativa y posiblemente están gobernados por muchos genes menores con efecto aditivo, por lo que se necesitará más tiempo.

Esto sugiere que los genotipos enanos con desarrollo acentuado del tallo principal, ciclo determinado y grano dulce, son recesivos y que posiblemente involucran pocos pares de alelos. Al parecer, el contenido de alcaloides está ligado a herencia materna y es extra nuclear (*conversación personal con el Dr. Mario Mera*).

La oportunidad y el desafío de lograr cultivares domesticados de mejores características agronómicas y nutritivas, a partir de poblaciones locales de *L. mutabilis*, es factible de lograr a mediano y/o largo plazo, aplicando métodos convencionales de selección, como la selección individual, la selección masal y técnicas moleculares (Chirinos-Arias *et al.* 2015).

## Referencias citadas

- Angulo A., Gabriel J., Huiza J. 2016. Adaptación de ecotipos locales (*Lupinus mutabilis*) y otras especies de *Lupinus* sp. en la zona de Anzaldo, Cochabamba. II Congreso Nacional de Recursos Genéticos, 2-4 de marzo 2016. Tarija, Bolivia.
- Ávila G. 1979. Mejoramiento genético integral del tarwi. **En:** Segunda Reunión Nacional sobre Tarwi o Lupino. Pairumani. Cochabamba, Bolivia.
- Barney V. 2011. Biodiversidad y ecogeografía del género *Lupinus* L. (Leguminosae) en Colombia. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 70 p.

- Bonifacio A., Aroni G., Villca M. 2018. Adaptación y perspectivas de aprovechamiento del lupino silvestre en sistemas de producción del altiplano. *Revista de Agricultura*. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Caligari P., Römer P., Rahim M., Neves-Martins J., Sawicka-Sienkiewicz E. 2000. The potential of *Lupinus mutabilis* as a crop. *In*: R. Knight (ed.) Linking research and marketing opportunities for pulses in the 21<sup>st</sup> century, 569-574. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Camarena F., Huaranga A., Jiménez J., Mostacero E. 2012. Revalorización de un cultivo subutilizado: Chocho o Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). CONCYTEC. Lima, Perú.
- Castañeda B., Manrique R., Gamarra F., Muñoz A., Ramos F., Lizaraso F., Martínez J. 2008. Probiótico elaborado en base a las semillas de *Lupinus mutabilis* Sweet. *Acta Médica Peruana*. 25: 210-215.
- Clements J., Sweetingham M., Smith L., Francis G., Thomas G., Sipsas S. 2008. Lupins for health and wealth. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Lupin Conference. J. Palta and J. Berger (eds.). 14-18 Sept. 2008, Fremantle, Western Australia. International Lupin Association. Canterbury, New Zealand.
- Cowling W., Buirchell B., Tapia M. 1998. Lupin. IPGRI-IPK. Rome, Italy. 100 p.
- Crespo L., Bonifacio A., Quispe R., Gandarillas A. 2018. Las plagas del tarwi y su manejo. *Revista de Agricultura*. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Chirinos-Arias M., Jiménez J., Vilca-Machaca L. 2015. Análisis de la variabilidad genética entre treinta accesiones de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) usando marcadores moleculares ISSR. *Scientia Agropecuaria* 6 (1): 17-30.
- Ferrera-Cerrato R., Alarcón A. 2014. Microbiología agrícola. Trillas. México D.F., México.
- Gandarillas A., Cabrera S., Irigoyen J. 2018a. ¿Por qué el tarwi es un súper alimento? *Revista de Agricultura*. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Gandarillas A., Vallejos J., Mamani P. 2018b. El tarwi: Un cultivo con nuevas oportunidades en Bolivia. *Revista de Agricultura*. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- GRIN-GLOBAL (2018). Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia. *En línea*. Disponible en: <http://germoplasma.iniaf.gob.bo/gringlobal/taxonomydetail.aspx?id=22844>  
Consultado en junio de 2018.
- Gross R., von Baer E., Koch F., Marquard R., Trugo L., Wink M. 1988. Chemical composition of a new variety of the Andean lupin (*Lupinus mutabilis* cv. Inti) with low alkaloid content. *J. Food Comp. Anal.* 1: 353-361.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2015. Censo Agropecuario 2013 de Cochabamba, La Paz, Potosí y Chuquisaca. Instituto Nacional de Estadística. Estado Plurinacional de Bolivia.

- INIAP. 1999. INIAP-450 ANDINO, variedad de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). FUNDACYT. Quito, Ecuador. 5 p.
- Jacobsen S., Mujica A. 2006. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y sus parientes silvestres. Botánica Económica de los Andes Centrales: 458 - 482.
- Mamani P., Calisaya J. 2018. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras leguminosas como alternativas para recuperar los suelos y mejorar el sistema de rotación de cultivos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. Revista de Agricultura. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Mera M. (ed.). 2016 Lupino dulce y amargo. Producción en Chile. Instituto de Investigaciones Agrícolas. Temuco, Chile. 120 p.
- Mujica A. 1994. Potencial del tarwi dulce "Inti" (*Lupinus mutabilis* Sweet) en los Andes Peruanos. **En:** Resúmenes del VIII Congreso Internacional de los Sistemas Agrícolas Andinos y su Proyección al Tercer Milenio. Valdivia, Chile.
- Peralta E., Rivera M., Murillo A., Mazón N., Monar C. 2010. INIAP-451 Guaranguito. INIAP. Quito, Ecuador. 4 p.
- Plata G., Gandarillas A. 2018. Enfermedades que afectan al cultivo del tarwi (*Lupinus mutabilis*) en Bolivia. Revista de Agricultura. Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Ríos R. 1982. Resumen de seis años de experimentación con tarwi en el Centro Fitoecogenético de Pairumani. **En:** Anales III Congreso Internacional de Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia.
- Vicente-Rojas J. 2016. El cultivo de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el Estado Plurinacional de Bolivia. Revista de Investigación INFO-INIAF 1 (7): 88 – 100.
- von Baer E. 1980. Recomendaciones generales para colección de material y obtención de variedades. **En:** Informe Nro. 5, Proyecto Lupino. Instituto de Nutrición. Lima, Perú.
- von Baer E., von Baer D. 1988. *Lupinus mutabilis*: Cultivation and breeding. Page 237-247. **In:** Proceeding of the Fifth International Lupin Conference. T. Twardowski (ed.). PWRiL. Poznan, Poland.

Trabajo recibido el 2 de julio de 2018 - Trabajo aprobado el 20 de julio de 2018

# Herramientas metodológicas para analizar la incorporación de nuevos cultivos en sistemas sociales y económicos de alta vulnerabilidad

Rolando Oros; Maura Lazarte; Andrea Alemán

*Fundación PROINPA*

*E mail: r.oros@proinpa.org*

**Resumen.** Anzaldo tiene un alto índice de inseguridad alimentaria. Esto refleja la dificultad de la vida para las familias y para las mujeres que son afectadas por condiciones biofísicas pero también por migración de los hombres para trabajar en zonas de mayor movimiento económico. La migración es un componente esencial en los medios de vida de la familia por la baja productividad de los suelos que generan pocos excedentes para la venta. PROINPA con McKnight trabajaron para mejorar la salud del suelo. Uno de los éxitos fue la introducción del tarwi en el sistema de producción local. Se buscó contribuir al entendimiento de los roles de la familia y en particular de las mujeres y su relación con tecnologías y cómo afectan sus actividades cuando los varones están presentes o ausentes. El "climograma", que presenta la temperatura y humedad de una determinada zona por mes, es usado para analizar la adaptación de nuevos cultivos en un sistema de producción. No solo son los aspectos biofísicos que se deben tomar en cuenta para medir el potencial de los cultivos sino también aspectos sociales como la migración y los roles de hombres y mujeres en los nuevos cultivos. Hay retos importantes para la adopción del tarwi. El ciclo del cultivo, control de plagas, cosecha, picado de tallos, implicación en la siguiente siembra son aspectos a considerar tomando en cuenta que las mujeres quedan solas para realizar estas tareas.

**Palabras clave:** Investigación participativa; Agroecología; Análisis de roles; Género

**Summary. Methodological tools for analyzing new crops incorporation in highly vulnerability social and economic systems.** Anzaldo has a high index of food insecurity. This reflects the life difficult for families and for women affected by biophysical conditions but also by men migration to work in areas of greater economic movement. Migration is an essential component of family livelihoods due to the low productivity of soils that generate little surplus for sale. PROINPA together with McKnight worked to improve soil health. One of the successes was the introduction of tarwi in the local production system which. It was sought to contribute to the understanding of family roles and, in particular, of women and their relationship with technologies and how these ones affect their activities when men are present or absent. The "climogram", which presents the temperature and humidity of certain area per month, is used by technicians for analyzing the adaptation of new crops in a production system. Not only are the biophysical aspects that must be taken into account to measure the potential of crops, but also social aspects such as migration and men and women roles when new crops require activities. There are important challenges for tarwi adoption. The crop cycle, pests and harvest control, chopped stems and their sowing involvement of the next crop, are aspects to consider taking into account that women are left alone to perform these tasks.

**Keywords:** Participatory research; Agroecology; Role analysis; Gender

## Introducción

El objetivo de este artículo, es la presentación de herramientas metodológicas para el análisis de nuevas tecnologías, desde la realidad de los roles de las mujeres, en contextos de alta vulnerabilidad social y económica, en el marco del Proyecto *Desarrollo Participativo de Innovaciones Tecnológicas para Incrementar la Productividad de los Suelos Agrícolas en Regiones Andinas Deprimidas de Bolivia*, apoyado por la Fundación McKnight y ejecutado por PROINPA, en el municipio de Anzaldo (Cochabamba), durante los años 2013 a 2016. Se compara la priorización de las propuestas tecnológicas, diferenciadas por mujeres y hombres, basados en los usos que dan a una innovación en particular.

Anzaldo tiene una precipitación pluvial promedio de 477,4 mm, centrada principalmente entre octubre y noviembre, mientras que entre mayo y septiembre sólo se alcanzan los 61,3 mm. La precipitación promedio anual estimada, sobre los datos de los últimos 10 años, es de 538,7 mm. Los factores climáticos que afectan negativamente a la producción agrícola son la escasa precipitación pluvial, además de la presencia de granizadas, heladas, inundaciones y sequías. La temperatura media es de 13,4°C y varía de 22,3°C a 2,4°C.

Los suelos, en general, presentan topografía accidentada, sujeta a un alto grado de erosión, sin embargo el manejo del mismo es mínimo y principalmente a través de la rotación de cultivos y barbechado. A pesar que el mono cultivo es generalizado, tradicionalmente se practican las siguientes rotaciones (Mamani y Calisaya, 2018 a):

⇒ PAPA CEREAL DESCANSO

⇒ PAPA CEREAL ARVEJA

⇒ CEREAL ARVEJA CEREAL

La estructura social natural es el sindicato agrario, que agrupa a todas las familias de una comunidad. El conjunto de sindicatos responde a *Sub Centrales Campesinas* y las Sub Centrales forman parte de la *Central Campesina de Anzaldo*, la cual rige las actividades políticas y algunas actividades agropecuarias en el territorio.

La producción agrícola se efectúa usando tecnología tradicional (yunta y mano de obra), eventualmente se ve el uso de equipos mecánicos en la producción de papa y trigo.

Los cultivos prioritarios son papa, trigo y maíz. La agricultura se caracteriza por una producción deficitaria, de auto consumo y de poca diversidad de cultivos (básicamente papa, trigo, maíz y arveja) (Mamani y Calisaya, 2018 a).

En general la producción se destina principalmente al auto consumo, venta, trueque, semilla y transformación. Los pobladores de Anzaldo acuden a distintas ferias, en especial de los municipios aledaños. En estos centros comercializan su producción y compran los insumos necesarios para su subsistencia.

La comercialización de sus productos agrícolas puede ser realizada en la misma parcela de producción (trigo y papa), en ferias municipales (Cliza, Anzaldo, Cochabamba, Sacabamba, Punata) y en ferias pequeñas (Yambata). Los volúmenes comercializados no son muy significativos, por lo tanto no generan grandes oportunidades de negocio.

Los ingresos generados no están acordes a los costos de producción y por lo tanto no garantizan una producción sostenida (Galindo 2011, GAM Anzaldo 2010; PROINPA 2017).

El municipio no cuenta con ninguna infraestructura de riego puesto que no dispone de fuentes de agua. Actualmente existen atajados que coadyuvan en el suministro de agua para algunos cultivos (papa y hortalizas) y animales (ovejas, vacas y asnos). El tener un atajado no garantiza tener agua, puesto que muchos de ellos tienen deficiencias de construcción y en la protección del área de captación de agua. (GAM Anzaldo 2010, Oros *et al.* 2012).

La actividad agrícola representa el 30,6% de ingresos brutos y la pecuaria el 5,6%. Por otro lado la tenencia de tierra, no se constituye en un capital importante, pues más del 57,7% de la población, no cuenta con título de propiedad, aspecto que está siendo trabajado por las políticas nacionales en el marco del INRA (INRA, 2016).

## ¿Qué hizo el Proyecto en este contexto?

En las tres campañas desde que se inició el Proyecto, se realizaron varias pruebas, cuyo objetivo fue el de brindar opciones a las familias de agricultores, para que mejoren la productividad de sus sistemas, de acuerdo a su contexto (desarrollo de opciones por contexto) (*presentación oral de Fundación McKnight 2016: Intensificación Agroecológica, en "Comunidad de Práctica"*).

Siguiendo la filosofía de la *Intensificación Agroecológica* resumida en la frase: *más de lo quieres con lo que tienes (pre-*

*sentación oral de Nelson R. 2017: Intensificación Agroecológica, qué, por qué y cómo; Fundación McKnight en "Comunidad de Práctica" 12)*, se trabajó en los cultivos que normalmente manejan las familias de acuerdo a su agroecología.

Así se enfatizó con nuevas variedades de papa, trigo y la difusión de bio insumos para el control de plagas y la mejora de la disponibilidad de nutrientes, en tres contextos agroecológicos.

Otro de los pilares de la *Intensificación Agroecológica*, es la incorporación de leguminosas y otras especies de valor al sistema de producción local. Para esto el Proyecto evaluó nuevas accesiones de *Lupinus*, veza, quinua, arveja y tuna, entre otros (Mamani y Calisaya 2018 b).

Un factor que condiciona ineludiblemente el tipo de cultivos de una zona concreta, es su régimen lluvias y la radiación solar recibida en cada periodo estacional. Disponer de esta información es importante, porque conociendo estos datos, se puede decidir qué tipo de cultivo representa una opción, para las familias de un determinado ecosistema, con mejores resultados. Para esto se usa un climograma y se cruza con la información de los cultivos que se está seleccionando (Marques 2016).

Más allá de este análisis técnico, es importante incluir el análisis de factibilidad social de la tecnología. El reto es describir las condiciones de tareas y roles en la familia durante la campaña, relacionadas a la disponibilidad de mano de obra en los tiempos de requerimiento de los cultivos propuestos por el Proyecto, y en particular del tarwi como principal propuesta para el mejoramiento de la salud del suelo, en dos zonas agroecológicas de Anzaldo.

## Metodología

En este estudio, se incorporaron algunos elementos del enfoque de investigación / acción participativa.

La información, se recolectó por medio de entrevistas a grupos focales (conducidos por facilitadores y varias de ellas en quechua) a diferentes familias de productores (hombres y mujeres) de cuatro comunidades de Anzaldo, que representan a dos agroecologías diferentes, en dos campañas agrícolas sucesivas.

Se realizaron cuatro talleres diferentes, a ellos asistieron informantes claves de las comunidades, de quienes se recogió información adicional.

Posteriormente se realizó una encuesta a 90 familias de dos ecologías de Anzaldo, siguiendo los indicadores priorizados en la definición de tipologías, de acuerdo a la comunidad de práctica de la Fundación McKnight y siguiendo el estudio de Tuttonell *et al.* (2010) en África, en el que se realizó una categorización de la diversidad de fincas u hogares rurales, con base en una tipología funcional de estrategias de subsistencia.

En los diferentes momentos de interacción con familias y grupos focales, se buscó responder a preguntas de investigación para reconocer participativamente los roles y funciones de las mujeres y los hombres en cuatro ámbitos:

### 1. Reproductivo

Cuidado y crianza de hijos, tareas domésticas y otros trabajos de hogar que no suelen ser remunerados.

### 2. Productivo

Trabajo realizado a cambio de una retribución económica o en especie, agricultura, uso del suelo, rotación de cultivos, emprendimientos, migración.

### 3. Gestión de la comunidad

Vincula actores que ven el tema del agua, riego, distribución de especies, educación, justicia comunitaria.

### 4. Políticas de la comunidad

Pertenencia al sindicato, al consejo, espacios de decisión.

Con el objetivo de recabar información sobre los roles realizados por hombres y mujeres en el diario vivir, se llevó a cabo *relojes de 24 horas* y un esquema con las actividades mes por mes (en época de cultivo y de estiaje) con preguntas de quienes toman las decisiones y de quienes realizan ciertos trabajos, separando la opinión de hombres y de mujeres.



*Desarrollo de relojes de 24 horas para determinar roles de la familia en Anzaldo*

Después de este análisis de roles de la familia durante el día y en las diferentes épocas del año, se realizó el análisis de las propuestas de nuevos cultivos del Proyecto y cómo alterarían los roles dentro del “orden” familiar, para lo que se utilizó el *climograma social* como se describe en la sección de resultados.

## Resultados y análisis

### 1. Resultados del análisis de factibilidad técnica

De acuerdo a los talleres realizados con hombres y mujeres de las tres agroecologías en Anzaldo, los cultivos presentados como opciones (Figura 1), se adaptan a las condiciones de humedad y temperatura de Anzaldo.

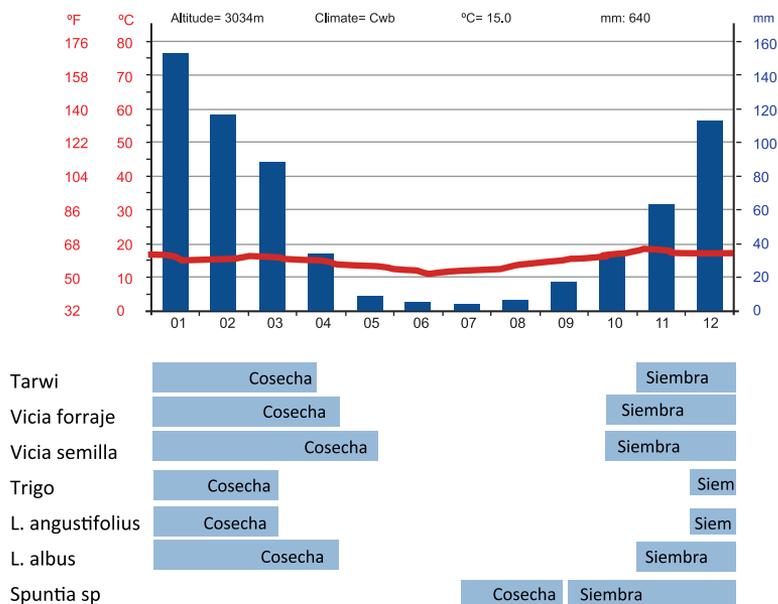
Esta percepción es relativa cuando se analizan los rendimientos de cada cultivo propuesto, frente a sus rendimientos potenciales en zonas más aptas para su desarrollo.

En general el rendimiento de todos los cultivos es muy bajo por las condiciones biofísicas de suelo y por las condiciones climáticas prevalentes.

Es muy difícil hablar de competitividad y aporte económico a las familias por lo que la priorización posterior de opciones, se realizó por su aporte potencial a la seguridad alimentaria y a la salud del suelo, como se verá posteriormente.

El **tarwi** es sembrado en el mes de noviembre, con buena humedad en el suelo, y es cosechado en abril. Su ciclo vegetativo que generalmente es de 9 meses, se acorta drásticamente hasta 5 a 6 meses, debido a las condiciones biofísicas del suelo. Alcanza un rendimiento promedio de 10 qq por hectárea.

El **trigo** se siembra en noviembre y se cosecha en marzo, su rendimiento es de 800 kg/ha. Aunque su rendimiento es muy bajo, este es el cultivo que mejor se adapta a los ciclos de migración de los varones de la familia, que están presentes a la siembra del cultivo y vuelven para la cosecha, sin haber realizado ninguna tarea de manejo de cultivo.



**Figura 1.** Climograma de Anzaldo con el ciclo de los cultivos propuestos por el Proyecto

El cultivo de **tuna** (*Opuntia* spp.) es de muy baja exigencia en términos de cuidado y mano de obra, bajo las condiciones de Anzaldo. Por estas características y por su aptitud forrajera, interesó mucho a las mujeres que como se verá son las responsables de la alimentación del ganado. La tuna se planta en septiembre y puede ser cosechada -como forraje- a partir del año, en cualquier mes.

**2. Priorización de las opciones por su uso e interés**

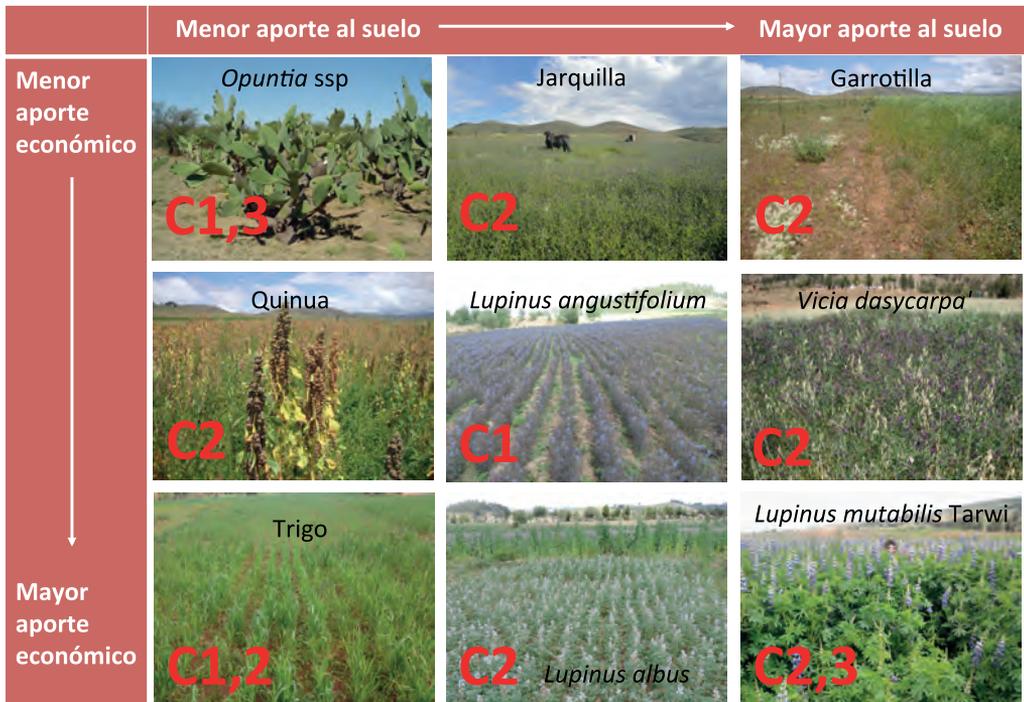
En base al trabajo técnico desarrollado y a las evaluaciones participativas en el marco del Proyecto se llegó a una priorización de las opciones para tres contextos agroecológicos.

En las siguientes figuras se muestra las opciones, ordenadas jerárquicamente por su aporte a la materia orgánica del suelo, y su aporte a la economía de la familia por una parte, que como se mencionó antes, es bajo y a la seguridad alimentaria de la familia por otra, donde C1 corresponde a planicie alta seca, C2 a ladera y C3 a ladera seca.

El tarwi (*Lupinus mutabilis*), leguminosa andina, resultó ser la especie mejor valorada por su aporte a la salud del suelo, a la economía y a la seguridad alimentaria de las familias (Gandarillas *et al.* 2018).

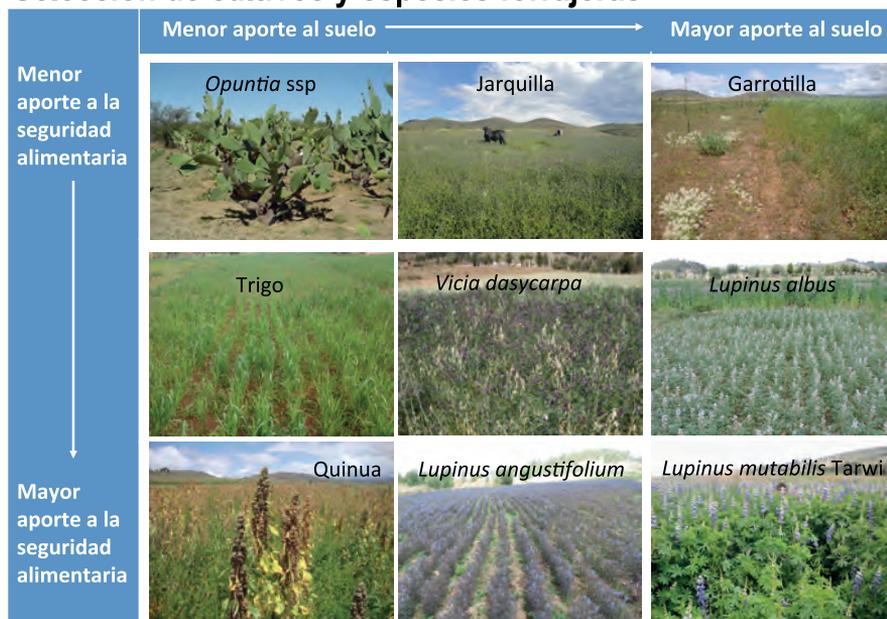
Esta percepción es mostrada por hombres y mujeres.

**Selección de cultivos y especies forrajeras**



**Figura 2.** Opciones priorizadas por el equipo técnico del Proyecto y las familias de Anzaldo por su aporte económico a la familia

## Selección de cultivos y especies forrajeras



**Figura 3.** Opciones priorizadas por el equipo técnico del Proyecto y por las familias de Anzaldo por su aporte a la seguridad alimentaria de la familia

### 3. Análisis de los roles y principales fuentes de ingreso familiar

Todas las familias tienen como fuente principal de ingresos, la actividad agrícola, la cual es complementada con otras actividades, tales como la pecuaria, transporte y migraciones temporales a otras comunidades y departamentos.

La actividad agrícola representa el 39% de los ingresos, la venta de fuerza de trabajo (local o por migración) tiene 28% de aporte, la artesanía y transformación 10% así como la transferencia de remesas. El resto del ingreso (10%) está dado por actividades forestales, pecuarias, caza y pesca, en ese orden. El ingreso promedio por familia es de 4920 Bs/año equivalente a 714 \$US.

**Actividades en las que la esposa genera ingresos.** Como los ingresos que genera la actividad agrícola son insuficientes, las mujeres se ven obligadas a encontrar

otras fuentes de ingresos, tales como: trabajo de jornaleras en agricultura, tejido de prendas de vestir o del hogar, elaboración y/o venta de chicha, abarrotes u otros productos. La actividad extra que es más utilizada por las mujeres, es la de jornalera, seguida de la venta de tejidos.

La migración ocasiona escasez de mano de obra y por lo tanto, los agricultores se ven obligados a contratar los servicios de jornaleros, hombres y mujeres.

Más allá de la contribución monetarizada a las finanzas de la familia, las mujeres contribuyen en las actividades no remuneradas en la agricultura como se muestra en el Cuadro 1.

Casi la totalidad de los trabajos son compartidos en su ejecución por los padres e hijos. Los agricultores empiezan a trabajar en actividades agropecuarias a muy temprana edad.

Los varones, desde los 14 años, se integran en la preparación de terrenos, siembra y cosecha. Las mujeres, desde los 10 años, apoyan en labores de cocina, cuidado de animales y también en las faenas agrícolas.

El esposo es quien tiene mayor participación en las actividades productivas, seguido de la esposa y el hijo varón. La participación de la hija es menor ya que ella ayuda en la casa y cuidado del ganado y frecuentemente abandonan la escuela para cumplir con estas tareas.

Una vez concluidas las labores agrícolas (octubre a enero), muchos agricultores destinan su fuerza de trabajo a la construcción de viviendas en la comunidad. Por otro lado, la población madura y joven, emigra a las ciudades.

Los habitantes adultos retornan a sus faenas agrícolas en la época de cosecha, pero la población joven puede o no retornar, dependiendo de las oportunidades económicas que se les presente en otros ámbitos.

Las mujeres migran en menor proporción y por poco tiempo (cuando no lo hacen definitivamente) para emplearse como trabajadoras de hogar.

**Participación de la mujer en actividades diarias por épocas.** En la investigación se describieron las actividades de las mujeres en el día a día, en las diferentes épocas de actividad agrícola. Resalta la época de siembra, cuando hombres y mujeres inician sus actividades muy temprano (5:30 de la mañana) y las terminan a las 10:00 de la noche. Las mujeres tienen muy poco tiempo de descanso en esta temporada.

**Cuadro 1.** Participación de la familia por actividades productivas por género (en %)

Miembro de familia	Cultivo	Preparación de terrenos	Siembra	Aporque	Deshierbe	Labores culturales	Corte	Cosecha
Esposo	Maíz	–	41	45	36	42	--	34
Esposa		–	34	24	27	29	--	30
Hijo		–	17	20	36	25	--	25
Hija		–	9	11	--	4	--	11
<b>Total</b>		--	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	--
Esposo	Papa	33	38	43	40	40	33	34
Esposa		33	28	27	40	20	33	31
Hijo		33	23	20	20	30	33	24
Hija		–	11	10	0	10	--	12
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
Esposo	Trigo	–	–	–	36	44	40	32
Esposa		–	26	–	29	22	29	30
Hijo		–	17	–	24	22	18	26
Hija		–	10	–	11	11	13	12
<b>Total</b>		<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Lo interesante de este análisis, es que las mujeres disfrutaron de tomar las decisiones sobre su tiempo. En ausencia del varón, se sienten aliviadas de la presión que ejerce éste y pueden cocinar menos y dedicarse a sus propios intereses.

Esta descripción puede servir para ajustar los mensajes y horarios de interacción entre el Proyecto y las mujeres, en temas de su interés por épocas y meses.

**El climograma social:** De acuerdo con la información de los talleres y los resultados, se desarrolló el climograma social (Figura 4) que suma al análisis de factibilidad técnica, la factibilidad social, en el análisis visual del potencial de adopción de los nuevos cultivos propuestos por el Proyecto.

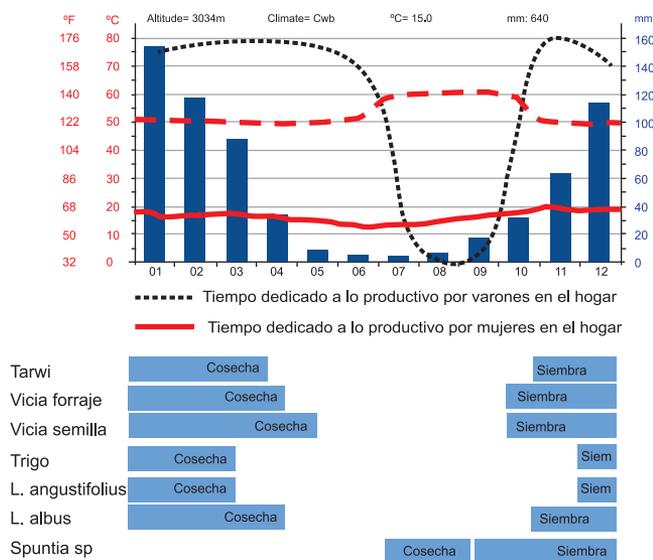
El climograma social no solo considera la temperatura y la precipitación como factores de análisis para la inclusión de nuevas especies y variedades, sino que lo

combina con datos de la presencia y actividades de hombres y mujeres en la familia.

Considerando la disponibilidad de mano de obra disponible por temporadas, una propuesta que implique una mayor ocupación de las mujeres cuando los varones migran, tendrá -en teoría- menos posibilidades de ser adoptada, a menos que reemplace otras actividades más demandantes como el pastoreo de los animales. O como en el caso de la producción de semilla de veza (*Vicia villosa* ssp. *dasycarpa*).

La cosecha de tuna deberá ser considerada como una actividad más para las mujeres.

El tarwi no afecta la dinámica familiar si su ciclo se acorta, como ocurre en Anzaldo, aunque esto afecte su potencial productivo.



**Figura 4.** Climograma social incorporando la disponibilidad de mano de obra en el climograma técnico

Hay actividades que tienen menor posibilidad de ser adoptadas, como es el picado de tallos y la incorporación de los tallos de tarwi a la cosecha, porque debería realizarse cuando los varones están ausentes. Si el tallo no es picado adecuadamente, significará más trabajo en la siembra posterior.

#### **4. La perspectiva de las mujeres y la tecnología**

Hubo consenso en la opinión de hombres y mujeres con respecto al aporte del tarwi en la economía y en la salud del suelo.

Caso contrario ocurre cuando se analiza la tuna, que es el cultivo menos priorizado por parte de los hombres pero muy importante para las mujeres, debido a sus implicaciones en la alimentación de las ovejas y por su efecto en el tiempo que pasan con ellas en busca de alimento para sus animales, en las épocas de sequía.

Las mujeres perciben otras dimensiones aparte de las netamente comerciales, así, en el caso del tarwi, este fue priorizado por su uso en la alimentación y por su valor proteínico en la preparación de nuevos platos de comida.

La composición básica de la dieta de la familia está compuesta principalmente por carbohidratos (papa, fideo, arroz). Pese a que las señoras están conscientes de la falta de proteína en la dieta, no cuentan con muchas más opciones que sacrificar sus animales, cosa que se hace con poca frecuencia.

El tarwi se presenta como una opción viable y económica para incrementar el contenido proteínico de la dieta de la familia y una forma de variar su consumo. En el marco de trabajo del Proyecto, se realizaron recetarios a base de tarwi,

basados en el conocimiento local sobre su uso en diversos platos.

La dieta de la familia ahora incluye proteína vegetal introducida con los nuevos cultivos, las mujeres jóvenes fueron las más interesadas en preparar nuevos platos que se vende en las ferias locales y que se han denominado *comidas creativas*, donde destacan las hamburguesas y el queso de tarwi.

El tarwi puede llegar a contenidos de hasta 50% de proteína y tiene ácidos grasos no saturados de gran valor para la salud y adecuada alimentación humana (Villacrés, 2016).

### **Conclusiones**

- Las mujeres han estado y están asumiendo roles cada vez más activos en la adopción y aplicación de opciones tecnológicas, en ausencia de los varones por la migración temporal. Sus criterios de priorización y uso de la tecnología, en contextos de alta vulnerabilidad, son cada vez más importantes y deben ser atendidos explícitamente para un mayor éxito en los objetivos de proyectos de desarrollo e investigación.
- Se hace cada vez más evidente la participación de las mujeres en las labores agrícolas, en ausencia de los varones (padre e hijo) que tienen roles migratorios temporales y permanentes en la familia. Las intervenciones de innovación agropecuaria deben considerar y aclarar el rol de las mujeres en los cambios que proponen con las tecnologías que se introducen. Toda nueva opción de incorporación al sistema de producción debe considerar a más de las condiciones biofísicas, la mano

de obra disponible y los intereses de las mujeres de estas comunidades.

- El tarwi es una opción priorizada por hombres y mujeres por diferentes motivos ligados a los usos y roles de los componentes de la familia. Bajo las condiciones de Anzaldo, el acortamiento del ciclo vegetativo, no constituye un cambio radical en los roles de la familia. Hay sin embargo preocupación en la intensidad de labores como la cosecha del tarwi y el picado de tallos para su incorporación al suelo, labores que son realizadas a mano. Los tallos no picados incrementan el trabajo de hombres y mujeres a la siembra del siguiente cultivo en el sistema de producción.
- Aunque el anterior punto no es nuevo, no se conocen herramientas en los proyectos que analicen la tecnología y el rol de las mujeres de forma explícita y planificada. El climograma social, sumado al análisis descrito en este artículo, puede servir como un instrumento para analizar las opciones tecnológicas por indicadores sociales.

## Referencias citadas

- Ayaviri D. 2014. Clasificación socio-económica de los municipios de Bolivia. Revista Perspectivas. Mayo 2014. Perspectivas Nro.33. Cochabamba, Bolivia.
- Galindo F. 2011. Interculturalidad y desarrollo en Anzaldo, Bolivia: Entre el clientelismo y poder campesino. F. Galindo; X. Albó (eds.). IDES-CIPCA (Centro de Investigación y Promoción del Campesinado). La Paz, Bolivia. 232 p.
- GAM Anzaldo. 2010. Plan de Desarrollo Municipal Anzaldo 2010-2014. Gobierno Municipal de Anzaldo, Asociación de Municipios de Cochabamba. Cochabamba, Bolivia. 264 p.
- Gandarillas A., Cabrera S., Irigoyen J. 2018. ¿Por qué el tarwi es un súper alimento? Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- INRA. 2016. *En línea*. Disponible en: [www.inra.gob.bo/InraPb/](http://www.inra.gob.bo/InraPb/) Consultado en mayo de 2016.
- Mamani P., Calisaya J. 2018 a. El tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y otras leguminosas como alternativas para recuperar los suelos y mejorar el sistema de rotación de cultivos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. Revista de Agricultura 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Mamani P., Calisaya J. 2018 b. Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) en el sistema de cultivos y la recuperación de suelos de regiones andinas semiáridas de Cochabamba. Revista de Agricultura Nro. 57. FCAyP-CIF-PROINPA. Cochabamba, Bolivia. *En prensa*.
- Marques J. 2016. *En línea*. Disponible en: <http://escueladevidasostenible.blogspot.com/2014/> Consultado en marzo de 2017.
- Oros R., Patiño F. Iriarte J. 2012. Análisis de los arreglos institucionales para la gobernanza del agua frente a las vulnerabilidades provocadas por el cambio climático en el municipio de Anzaldo: El caso de los atajados. Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB). Plural (ed.) 153 p.

PROINPA. 2017. Reporte del Proyecto *Desarrollo participativo de innovaciones tecnológicas para incrementar la productividad de los suelos agrícolas en regiones andinas deprimidas de Bolivia*. Fundación PROINPA, Fundación McKnight. Cochabamba, Bolivia. 198 p.

Tittonell P., Muriuki A., Shepherd K., Mugendi D., Kaizzi K., Okeyo J., Verchot L., Coe R., Vanlauwe B. 2010. The diversity of rural livelihoods and their influence on soil

fertility in agricultural systems of East Africa - A typology of smallholder farms. *In: Agricultural Systems*. Vol. 3. Issue 2: 83-97.

Villacrés E. 2016. El aporte de la investigación a la agro industrialización del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Depto. Nutrición y Calidad de Alimentos. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Ecuador.

Trabajo recibido el 14 de mayo de 2018 - Trabajo aprobado el 18 de julio de 2018

[www.biotopbolivia.org](http://www.biotopbolivia.org)



## MISIÓN

Contribuir a la práctica de una agricultura sostenible en Bolivia, mediante la oferta de insumos agrícolas de origen biológico que protejan la salud de los productores y fomenten una producción inocua de alimentos para los consumidores.



**Oficina Central Cochabamba:** Av. Elías Meneces s/n Km 4 (Zona El Paso)  
• Telf./Fax: (591-4) 4319522 • Cel.: 71717344 • Email: [j.quino@biotopbolivia.org](mailto:j.quino@biotopbolivia.org)

CHUCHUSMUTI  
**Tarwix**<sup>TM</sup>

# EL TARWI ADELGAZA!! CUIDA TU LÍNEA!!

PROTEÍNA 50%	ACEITES VEGETALES 21%	HIDRATOS DE CARBONO 20%	FIBRA 9.6%
-----------------	-----------------------------	-------------------------------	---------------

Rico en omegas 9, 6 y 3

**Súper  
Alimento**

...da la sensación de saciedad  
y disminuye el apetito.

Bajo contenido de carbohidratos

La cáscara contiene fibra dietética

Alto contenido de proteína

[Facebook.com/tarwix](https://www.facebook.com/tarwix)

Consumir con cáscara



CHUCHUSMUTI

PANASERI

Calle Riverena, zona Colinas de Andalucía  
Cel. 77919210 - Web: [www.panaseri.com](http://www.panaseri.com)



## RECONOCIMIENTO AL DR. ALEJANDRO BONIFACIO FLORES



Alejandro Bonifacio Flores nació el año 1953 en Orinoca, departamento de Oruro; es de origen Aymara, al igual que su lengua materna. Desde su infancia estuvo muy familiarizado con la agricultura, la producción de papa, quinua y la crianza de camélidos, entre otras muchas actividades productivas propias de la región altiplánica de Bolivia.

Concluidos sus estudios de licenciatura en la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba, su carrera profesional como agrónomo investigador, se inició el año 1985, trabajando en la Estación Experimental de Patacamaya, dependiente del entonces IBTA (*Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria*).

Durante este periodo desarrolló su talento natural como investigador y su capacidad analítica, que muy bien supo combinar con su vivencia en el campo, al provenir de una familia de agricultores.

En Patacamaya nació su pasión por la quinua, constituyéndose en uno de los investigadores líderes a nivel mundial en este importante cultivo.

Al destacarse como un investigador talentoso e imbuido por la necesidad de adquirir nuevos conocimientos, tuvo la oportunidad de seguir estudios de Maestría y Doctorado en la *Universidad Brigham Young* de Utah, en los Estados Unidos de Norte América.

En 1998 se creó la Fundación PROINPA y en 1999 el Dr. Bonifacio encontró en esta institución el ambiente de investigación que necesitaba, donde trabaja hasta la fecha. La visión de la *Fundación McKnight* y su apoyo financiero de largo plazo, han sido determinantes para el desarrollo científico de Alejandro. En el plano académico, también tiene una larga trayectoria como docente de la UMSA (*Universidad Mayor de San Andrés*), donde ha sido nominado *Profesor Emérito*.

Alejandro Bonifacio tiene la sensibilidad de entender de manera integral el desarrollo agropecuario. Es pionero en el país en los enfoques eco-sociales, a partir de los cuales, en los últimos años, ha realizado grandes aportes para entender los sistemas de producción del altiplano, estudiando leguminosas, pastos y arbustos que entran a los sistemas de producción de quinua - llama.

El Dr. Bonifacio ha posibilitado el ansiado encuentro entre el saber ancestral andino y la ciencia occidental moderna. Por un lado, su vivencia en el área rural durante la infancia y juventud, le permitió asimilar conocimientos milenarios de la agricultura andina y por otro lado, su formación académica en áreas de genética y biología molecular, le han permitido desarrollar tecnologías adecuadas a las necesidades de los productores de quinua del Altiplano Boliviano.

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

Tel.: 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)

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



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

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

Este número especial de la *Revista de Agricultura*,  
cuenta con el apoyo de:

THE MCKNIGHT FOUNDATION



Reino de los Países Bajos



La REVISTA DE AGRICULTURA en internet:  
[www.umss.edu.bo](http://www.umss.edu.bo)