

# REVISTA DE AGRICULTURA

## CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y FORESTALES

### Contenido

#### METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN:

Tecnologías derivadas de la Biología Molecular para evaluar la calidad de las semillas. *Jorge Rojas; Esther Rojas; Gabriela Bottani; Eric Jellen; Jeff Maughan* (pp. 1-11)

#### DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS:

Validación de descriptores en poblaciones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) en los valles interandinos de Bolivia. *Fimo Alemán, Calvin Canelas, Cecilia Ugarte* (pp. 12-19)

Estudio morfológico y molecular de la diversidad genética del tomate silvestre (*Solanum* spp.) boliviano. *Andrea Torrico; Mario Crespo; Jorge Rojas* (pp. 20-28)

Aplicación de la metodología mamá-bebé para la evaluación y selección participativa de clones de papa con alto contenido de hierro y zinc. *Julio Gabriel; Ada Angulo; José Luis Casazola; Raúl Blanco; Edwin Soliz; Ricardo Vera; José Velasco, Félix Rodríguez* (pp. 29-38)

Identificación fenotípica y evaluación morfométrica de plantales de cuyes introducidos al Centro MEJOCUY. *Elizabeth Rico; Claudia Rivas* (pp. 39-46)

Carbono almacenado de especies forestales nativas en sistemas agroforestales en el Valle del Sacta, Cochabamba. *Edwars Sanzetenea; Marco Veizaga; Fimo Alemán* (pp. 47-53)

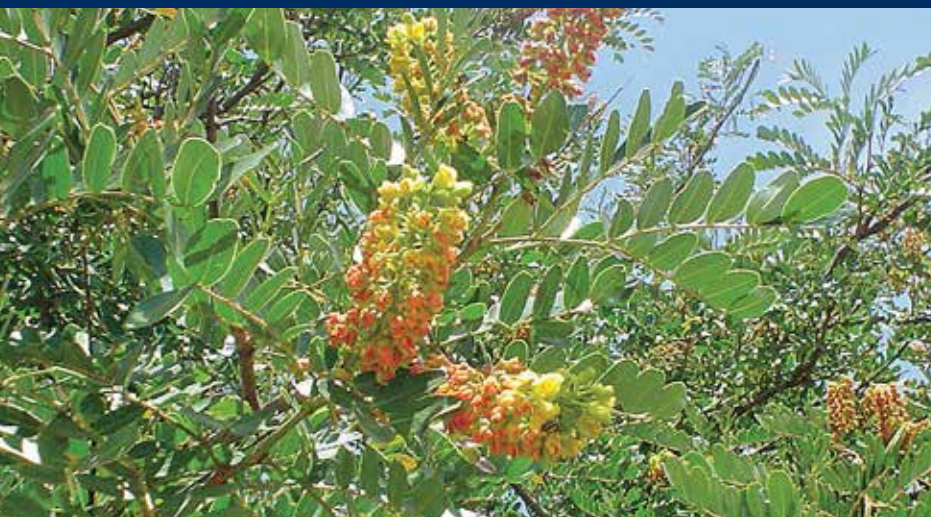
#### ACTUALIDAD NACIONAL:

Pruebas de eficiencia de la aplicación de mezclas de feromonas e insecticidas para control de la polilla de la papa en almacenes de agricultores. *Luis Crespo; Ilich Figueroa* (pp. 54-58)

Trigos Biofortificados: Una contribución en la lucha contra la desnutrición. *Crescencio Calle* (pp. 59-64)

El Gorgojo de Los Andes, experiencias y prácticas en el control de la plaga en el cultivo de papa en Bolivia. *Félix Rodríguez; Luis Crespo* (pp. 65-72)

El comportamiento de bioindicadores del tiempo frente al cambio climático, en comunidades campesinas de la provincia Tapacarí de Cochabamba. *Nelson Tapia; Miguel Chirveches; Domingo Torrico; Angélica Machaca* (pp. 73-84)



Inflorescencia de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara); especie de gran relevancia para zonas áridas de nuestro país

#### Instituciones responsables de la presente publicación:

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

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

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



**Foto de la portada:**

Árboles de tara en Tarata,  
Valle Alto de Cochabamba

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

Ing. Agr. MSc. Fimo Alemán  
Ing. Agr. MSc. Edgar Gutiérrez  
Ing. Agr. Ruddy Meneses  
Ing. Agr. PhD. Antonio Gandarillas  
Ing. Agr. PhD. Julio Gabriel

**Traducciones**

Ing. Paola Alemán

**Revisión y pre - diagramación**

Ing. Agr. Ruddy Meneses A.

**Artes y diagramación**

Lic. María Isabel Soliz

**Impresión**

Impresiones Poligraf

**Tiraje:**

500 copias

# PRESENTACIÓN

El Instituto de Investigaciones de la FCyP-UMSS, logra consolidar una labor fundamental en la generación de tecnología, tal cual es la difusión, en este caso a través de la Revista de Agricultura, mediante artículos enmarcados en tres áreas.

Así se tiene en el área de *Metodologías de Investigación* un trabajo sobre la aplicación de la Biología Molecular en la determinación de la calidad de la semilla. En el área de *Desarrollo de Tecnologías*, se tiene trabajos sobre recursos genéticos forestales, variabilidad en el tomate silvestre, estudios participativos para la generación de variedades de papa con alto contenido de hierro y zinc, control de la polilla en el almacenamiento de papa; en animales menores se tiene resultados sobre la caracterización de cuyes y en el área agroforestal sobre determinaciones de carbono almacenado por el componente forestal. En el área de *Actualidad Nacional*, se tiene trabajos sobre la generación de variedades de trigo biofortificado, el control del gorgojo de *Los Andes*, además un trabajo sobre los saberes endógenos, donde se presenta los bioindicadores y su relación con el cambio climático, como un desafío hacia el diálogo inter-científico.

Los resultados presentados en el presente número de la *Revista de Agricultura*, son el fruto del esforzado y eficiente trabajo de equipos de investigadores, comprometidos con los desafíos de la seguridad y soberanía alimentaria, frente a una situación desafiante del cambio climático que es una preocupación nacional, regional y mundial.

Consideramos que la lectura de los trabajos presentados, será de gran utilidad para quienes requieren de información, tanto para respaldar y enriquecer su conocimiento, como para aquellos que afrontan actividades productivas en el rubro.

Finalmente un reconocimiento al apoyo comprometido del Comité Editor y Revisor, Autoridades Facultativas y la DICyT-UMSS.

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

## REVISTA DE AGRICULTURA

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

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

# Tecnologías derivadas de la *Biología Molecular* para evaluar la calidad de las semillas

Jorge Rojas<sup>1</sup>; Esther Rojas<sup>1</sup>; Gabriela Bottani<sup>1</sup>; Eric Jellen<sup>2</sup>; Jeff Maughan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Biotecnología y Nanotecnología Agropecuario y Forestal (CByNAF) de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales - UMSS

<sup>2</sup> Brigham Young University (BYU), Utha - USA

E mail: rojasbeltran@hotmail.com

**Resumen.** La semilla es un insumo vital en la agricultura, es por eso que es crucial contar con métodos fiables que permitan evaluar su calidad. Existen numerosos métodos tradicionales para evaluar la calidad de las semillas (pureza varietal, identificación de la variedad, porcentaje de germinación, etc.), sin embargo, muchos de estos están basados en evaluaciones fenotípicas no muy precisas. La comprensión de la estructura, el funcionamiento y expresión del Ácido Desoxirribonucleico (ADN), ha permitido desarrollar numerosas tecnologías, que genéricamente se las conoce como *tecnologías derivadas de la biología molecular*, las cuales están siendo actualmente utilizadas básicamente para evaluar dos criterios de calidad de las semillas: la calidad genética y la calidad sanitaria. En este artículo se describe las diferentes tecnologías moleculares utilizadas para evaluar criterios de calidad de las semillas, sus ventajas y perspectivas con relación a los métodos tradicionales, y se presentan algunos ejemplos.

**Palabras clave:** ADN; Calidad Genética; Calidad Sanitaria; Análisis Molecular

**Abstract. Technologies derived from molecular biology to assess the quality of seeds.** The seed is a vital input in agriculture, which is why it is crucial to have reliable methods for assessing its quality. There are many traditional methods to evaluate the quality of seeds (varietal purity, identification of the variety, germination percentage, etc.). However, many of these are based on phenotypic evaluations not very accurate. The compression of the structure, the functioning, and expression of deoxyribonucleic acid (DNA) has allowed to develop many technologies that are known generically as technologies derived from molecular biology. These technologies are being currently used basically for evaluating two criteria of quality of seeds: the genetic quality and sanitary quality. This article describes the different molecular technologies used to assess quality criteria of seeds, their advantages and prospects in relation to traditional methods, and some examples.

**Keywords:** DNA; Genetic Quality; Sanitary Quality; Molecular Analysis

## Introducción

En términos botánicos, la semilla es un óvulo fecundado y maduro. La semilla contiene un embrión del que puede desarrollarse una nueva planta bajo condiciones apropiadas, una fuente de ali-

mento almacenado y está envuelta por una cubierta protectora. En términos agrícolas, la semilla es cualquier parte de la planta que tiene la capacidad de regenerarse en una nueva planta (tubérculo, tallo, semilla botánica, etc.) Esta última definición se adoptará en el presente artículo.

Una buena cosecha comienza con una buena semilla. La semilla es un insumo vital en la agricultura, porque a través de ella, la inversión hecha en otros insumos, como pesticidas, fertilizantes, riego y el mantenimiento del cultivo, puede ser mala o exitosa. Generalmente, el costo de la semilla es menor en comparación a otros insumos, pero su impacto en la producción, y por ende en los ingresos, es mayor. Además, la semilla es un insumo que puede mejorarse permanentemente, también permite mejorar la tecnología de producción, es un medio para la rápida rehabilitación de la agricultura en los casos de desastres naturales, etc.

## **Criterios para evaluar la calidad de las semillas**

Los criterios para evaluar la calidad de las semillas se pueden agrupar en cinco categorías:

- Calidad genética.
- Calidad fisiológica.
- Calidad física.
- Calidad sanitaria.
- Calidad de almacenaje.

El valor de cada uno de los criterios de calidad es relativo. Por ejemplo, de nada sirve tener semillas que tiene una pureza varietal del 99% pero que tengan un porcentaje de germinación del 20%.

## **Parámetros de calidad**

En los distintos criterios de calidad antes mencionados, existen diferentes parámetros que se pueden estudiar para establecer la calidad (Pérez-García y Pita-Villamil, 2001) (Cuadro 1). Por ejemplo, la calidad genética se puede evaluar desde el punto de vista del lugar

que se cultivará la variedad. Sabemos que no todas las variedades se adaptan a todas las condiciones agroecológicas donde se cultiva una especie; entonces, para introducir una nueva variedad en una zona, es absolutamente necesario hacer pruebas de adaptación durante varios años, hasta tener la certeza que la variedad prosperará en el lugar.

También es necesario hacer estudios de la calidad respecto a su uso. Si una variedad de trigo se utilizará para hacer pan, entonces es necesario determinar la calidad panadera de la variedad. Algunas veces se olvidan estas premisas, especialmente cuando se utiliza la semilla para rehabilitar la agricultura en los casos de desastres naturales, debido a que frecuentemente se proporciona a los agricultores semillas de cualquier variedad.

Otros parámetros que permiten evaluar la calidad genética de las semillas son la identificación de la variedad y la pureza varietal. Para determinar estos parámetros, tradicionalmente se realizan estudios comparativos con descriptores específicos establecidos para la variedad.

El Cuadro 1 también muestra algunos métodos tradicionales para determinar los distintos parámetros de calidad. Así por ejemplo, se puede determinar la viabilidad de la semilla mediante pruebas de germinación, ensayo topográfico con tetrazolio (el tetrazolio tiene la capacidad de poner en evidencia daños fisiológicos y necrosis de las semillas de manera localizada) y radiografía con rayos X (los rayos X permiten distinguir, por ejemplo, las semillas con y sin embrión).

**Cuadro 1. Criterios, parámetros y métodos tradicionales de evaluación de la calidad de las semillas**

Criterios de calidad	Parámetros de evaluación	Métodos tradicionales de evaluación
<b>Calidad genética</b>	Evaluación de la variedad desde el punto de vista del lugar que se cultivará y el uso que se le dará	Ensayos de campo, pruebas de calidad de la variedad de acuerdo al destino de uso
	Identificación de la variedad	Comparación con descriptores específicos de la variedad
	Pureza varietal	Comparación con descriptores específicos de la variedad
<b>Calidad fisiológica</b>	Viabilidad	% de germinación, ensayo topográfico con tetrazolio, radiografía con rayos X
	Vigor	Ensayo de crecimiento y evaluación de plántulas, ensayo de conductividad eléctrica, ensayo de envejecimiento acelerado, etc.
<b>Calidad física</b>	Pureza física	Determinación de la proporción de semillas extrañas, de semillas de malezas u otros cultivares o especies presentes en la muestra
	Ausencia de materia inerte	Determinación de materia inerte (tierra, piedras, etc.) presentes en la muestra
	Apariencia	Comparación con descriptores específicos de la semilla de la variedad
	Uniformidad	Evaluación del tamaño, forma, color, peso de mil semillas, etc., de acuerdo a especificaciones de la variedad
	Daños mecánicos	Determinación de la proporción de semillas dañadas (rasgadas, quebradas, con cubiertas rotas, etc.)
<b>Calidad sanitaria</b>	Presencia de enfermedades	Diagnóstico visual, pruebas microbiológicas, ELISA
	Presencia de plagas	Identificación de plagas presentes en la muestra
<b>Calidad de almacenaje</b>	Contenido de humedad	Secado en estufa, método eléctrico, etc.

## Nuevos métodos de evaluación de la calidad de semillas

A partir de la comprensión de la estructura, funcionamiento y expresión del ADN, se ha logrado desarrollar lo que se conoce como *Tecnologías Derivadas de la Biología Molecular*. Estas tecnologías están siendo utilizadas ámbitos de la agricultura, medicina, industria, etc.

Específicamente, en lo que respecta a la evaluación de la calidad de las semillas, estas tecnologías sirven para evaluar dos criterios de calidad: calidad genética y calidad sanitaria; para evaluar estos dos tipos de calidad de la semilla, se tiene básicamente los siguientes procesos técnicos descritos en el Cuadro 2:

- ⇒ Evaluación Molecular.
- ⇒ Marcadores Moleculares.
- ⇒ Diagnóstico Molecular.
- ⇒ Micromatrices.
- ⇒ Metagenómica.

**Cuadro 2.** Métodos derivados de la Biología Molecular para evaluar la calidad de las semillas

Criterios de calidad	Parámetros de evaluación	Métodos derivados de la Biología Molecular
Calidad genética	Evaluación de la variedad desde el punto de vista del lugar que se cultivará y el uso que se le dará	Evaluación molecular. Marcadores moleculares.
	Identificación de la variedad	Marcadores moleculares.
	Pureza varietal	Marcadores moleculares.
Calidad sanitaria	Presencia de enfermedades	Diagnóstico molecular.
		Micromatrices.
		Metagenómica.
	Presencia de plagas	Marcadores moleculares.
Metagenómica.		

Ahora bien, la pregunta lógica es:

*¿qué ventajas tienen las tecnologías derivadas de la Biología Molecular con relación a los métodos tradicionales de evaluación de la calidad de las semillas?*

Para empezar, las tecnologías derivadas de la Biología Molecular, permiten evaluar distintos parámetros a nivel del ADN, eliminando la influencia del medio ambiente, que es uno de los factores de mayor incertidumbre en la evaluación fenotípica.

Es por eso que las comparaciones que se hacen entre individuos para, por ejemplo, identificar la variedad o determinar la pureza genética, tienen una confiabilidad del 99.9%. La evaluación de la variedad desde el punto de vista del lugar que se cultivará y el uso que se le dará, también es mucho más fiable que las evaluaciones tradicionales, por las mismas razones antes mencionadas.

Respecto a la calidad sanitaria, las nuevas tecnologías son más sensibles, más específicas, generalmente más rápidas, permiten analizar muchos patógenos a

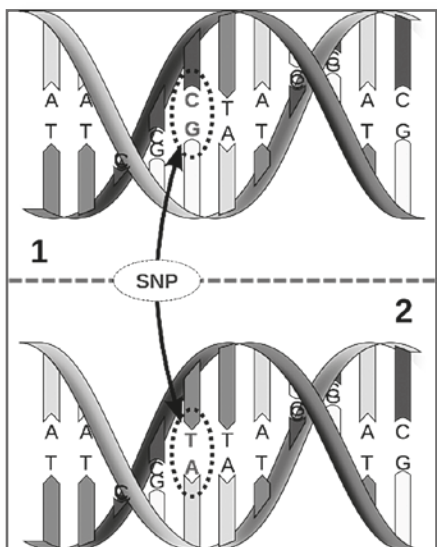
la vez, no requieren experiencia específica en diagnóstico y el proceso de diagnóstico puede ser automatizado.

### **1. Tecnología de los Marcadores Moleculares**

Un marcador molecular es punto específico del cromosoma de un individuo, que es fácilmente identificable y cuya herencia genética se puede rastrear. Un marcador puede ser un par de bases (Figura 1), o un segmento de ADN formado por varios pares de bases, que pueden corresponder a un gen o a alguna sección del ADN sin función conocida. Los marcadores moleculares son un tipo de los marcadores genéticos, como son también los marcadores morfológicos (descriptores) y los marcadores bioquímicos (Coles *et al.*, 2005; Mughan *et al.*, 2012).

Los marcadores moleculares son útiles tanto en la investigación básica (análisis filogenéticos, estudios de diversidad genética, forense, búsqueda de genes útiles, etc.) como en la aplicada (selección asistida por marcadores moleculares, pruebas de paternidad, trazabilidad de los alimentos, evaluación de la cali-

dad de las semillas, etc.). Rojas-Beltrán (2007) hace una descripción detallada de la tecnología de los marcadores moleculares.



**Figura 1.** Diferencia en un par de bases entre dos individuos (1 y 2). Uno de los individuos tiene C-G en ese punto y el otro tiene T-A. Esta diferencia se revela por el marcador denominado SNP (Single Nucleotide Polymorphism) (Genetic Genealogy SIG- The Villages Genealogical Society).

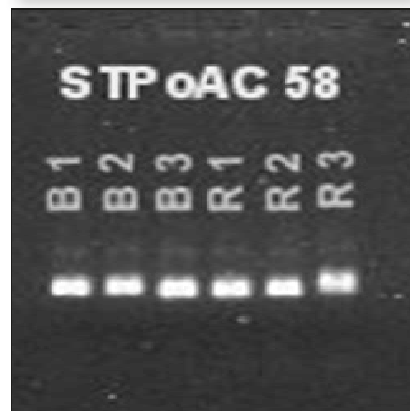
Respecto a la evaluación de la calidad de la semilla, los marcadores moleculares son útiles para la evaluación de la variedad desde el punto de vista del lugar que se cultivará y el uso que se le dará, la identificación de la variedad, determinar la pureza varietal y eventualmente para evaluar la calidad sanitaria.

La Figura 2 muestra el resultado de un estudio realizado para determinar la pureza varietal de semillas de papa, a partir de variaciones fenotípicas durante la producción de semilla de una variedad de tubérculos blancos, donde aparecieron papas rosadas, atribuyendo este

hecho a un problema de mezcla varietal. Sin embargo, después de realizar la comparación de las papas blancas y rosadas a nivel del ADN, ambas resultaron genéticamente idénticas. Entonces, la causa del cambio de color no fue genético sino probablemente se trató de un fenómeno epigenético. Si no se hubiese tenido la posibilidad de realizar análisis moleculares, probablemente se hubiese concluido que se trataba de un problema de mezcla varietal (Rojas-Beltrán *et al.*, 2007).



a)

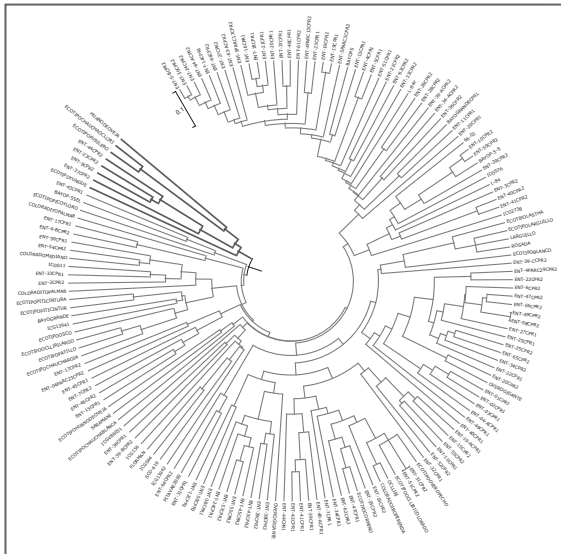
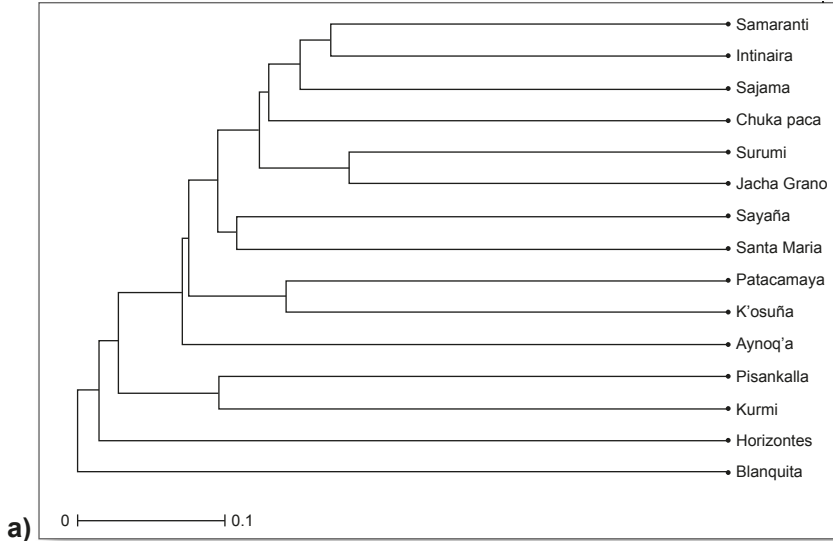


b)

**Figura 2. a)** Semillas de papa con diferentes colores probablemente debido a una mezcla varietal. **b)** Ejemplo de perfil genético de las semillas blancas (B1, B2 y B3) y de las semillas rojas (R1, R2 y B3) utilizando el marcador microsatélite STPoAC58. Los perfiles genéticos, utilizando 15 marcadores microsatélites, revelaron perfiles genéticos similares entre las semillas rojas y blancas.

La Figura 3 muestra los resultados de relacionamiento genético entre variedades de quinua y maní, utilizando marcadores moleculares de tipo microsatélites. Estos estudios son necesarios para establecer parámetros de comparación a

fin de determinar a qué variedad pertenece la semilla o la pureza varietal de la semilla (Rojas-Beltrán *et al.*, 2003; Rojas-Beltrán, 2005; Rojas-Beltrán *et al.*, 2007).



**Figura 3.**

a) Dendrograma generado luego de un análisis molecular con 10 marcadores moleculares de tipo microsatélites, en 15 variedades de quinua.

b) Dendrograma generado luego de hacer análisis molecular utilizando 21 marcadores moleculares de tipo microsatélites, en 156 variedades de maní. Las distancias genéticas fueron calculadas utilizando el *Coficiente de Similitud de Jaccard* (1901).

## 2. Tecnología de la Evaluación Molecular

Consiste en determinar las características de interés agronómico y económico, presentes en una variedad a nivel del

ADN. Esta tecnología frecuentemente se sirve de la tecnología de los marcadores moleculares. En la evaluación de la calidad de la semilla, esta tecnología es muy útil para evaluar la variedad desde el punto de vista del lugar en que

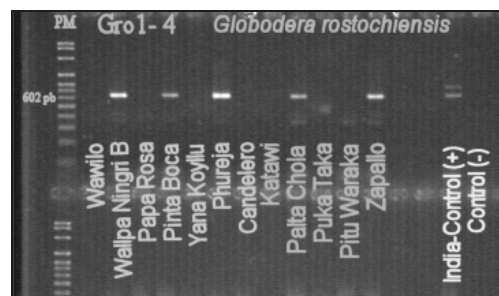
se cultivará, el uso que se le dará, la identificación de la variedad, la determinación de la pureza varietal y la calidad sanitaria de la semilla.

Por ejemplo, en la actualidad existe un conjunto de marcadores moleculares que permiten evaluar la calidad panadera del trigo (Cakir *et al.*, 2008, Izadi-Darbandi y Yazdi-Samadi, 2012). Entre las características que permiten evaluar estos marcadores, están la dureza del grano, la elasticidad de la masa, la calidad panadera de las proteínas, el color de la harina, etc.

El número de marcadores que permite evaluar la calidad de una variedad aumenta año tras año, esto hecho permite predecir que la evaluación sea cada vez más molecular que fenotípica o bioquímica.

También existen marcadores en algunas especies que permiten evaluar si una variedad es tolerante a la sequía, al frío, a plagas y/o enfermedades.

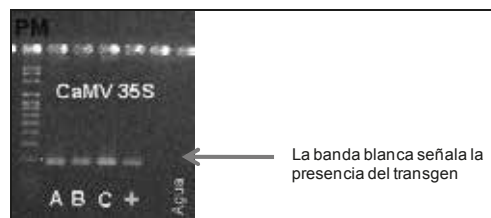
Por ejemplo, la Figura 4 muestra el resultado de un análisis realizado en distintas variedades de papa para evaluar su resistencia a *Globodera rostochiensis*.



**Figura 4.** Identificación del marcador Gro1-4, localizado en el cromosoma VII, que confiere resistencia a *Globodera rostochiensis* (PM: peso molecular).

Asimismo, los marcadores moleculares permiten determinar, con mucha precisión, la presencia de semillas transgénicas.

La Figura 5 muestra el resultado de una evaluación que se hizo de semillas de maíz, probablemente transgénicas, que ingresaron a Bolivia. El resultado obtenido muestra sin ambigüedad que las semillas son transgénicas.



**Figura 5.** Detección del promotor CaMV 35S en semillas de maíz. PM: peso molecular, A: Repetición 1, B: Repetición 2, C: Repetición 3, +: Control positivo -maíz bt-, -: Control negativo (maíz no transgénico) y control negativo de reacción (agua).

### 3. Tecnología de las Micromatrices

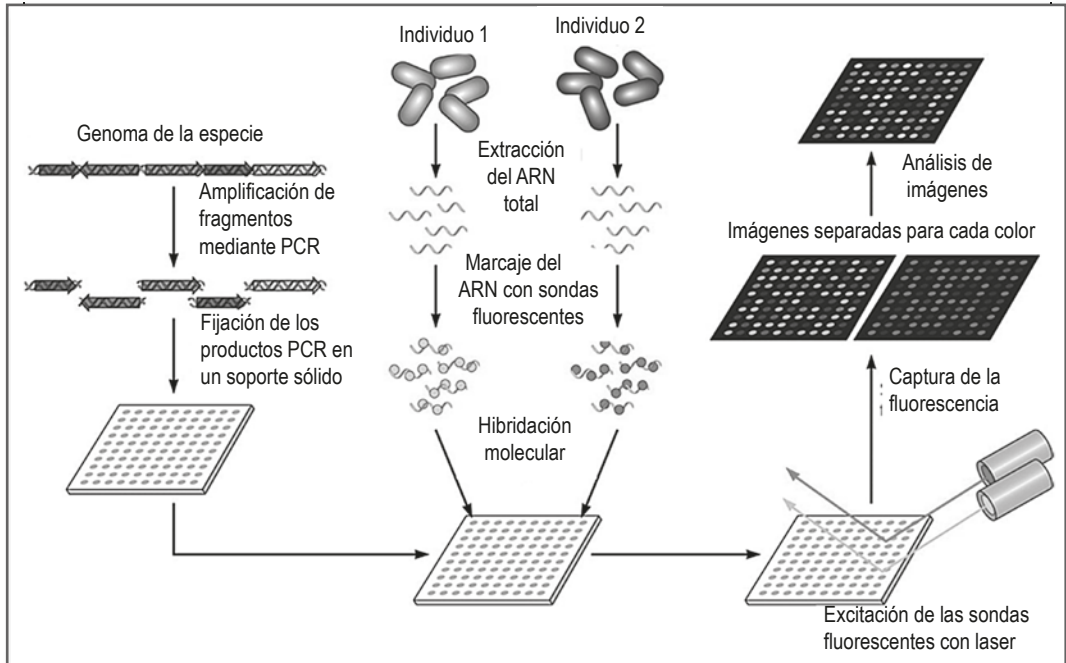
Una micromatriz de ADN (del inglés DNA *microarray*) es una superficie sólida a la cual se fija una colección de fragmentos de ADN.

Las superficies empleadas para fijar el ADN pueden ser de vidrio, silicio, etc. Los chips de ADN se usan para analizar la expresión diferencial de genes y la presencia de algún genoma particular en la muestra. La cantidad de fragmentos de ADN que se pueden fijar sobre una micromatriz (un centímetro cuadrado o un poco más) puede ser hasta 250.000 (Miller y Tang, 2009 y referencias citadas).

De acuerdo a las posibilidades tecnológicas antes mencionadas, fácilmente se podría fijar en una micromatriz una representación del genoma de todos los virus y sus variantes que atacan a una especie, incluso bacterias y hongos. Entonces, el gran aporte de esta tecno-

logía, es que permite realizar muchos análisis de una sola vez.

De manera general, la Figura 6 describe esta tecnología.



**Figura 6.** Pasos para realizar un análisis utilizando la tecnología de las micromatrices (adaptado de Ehrenreich, 2006).

#### 4. Tecnología de la Metagenómica

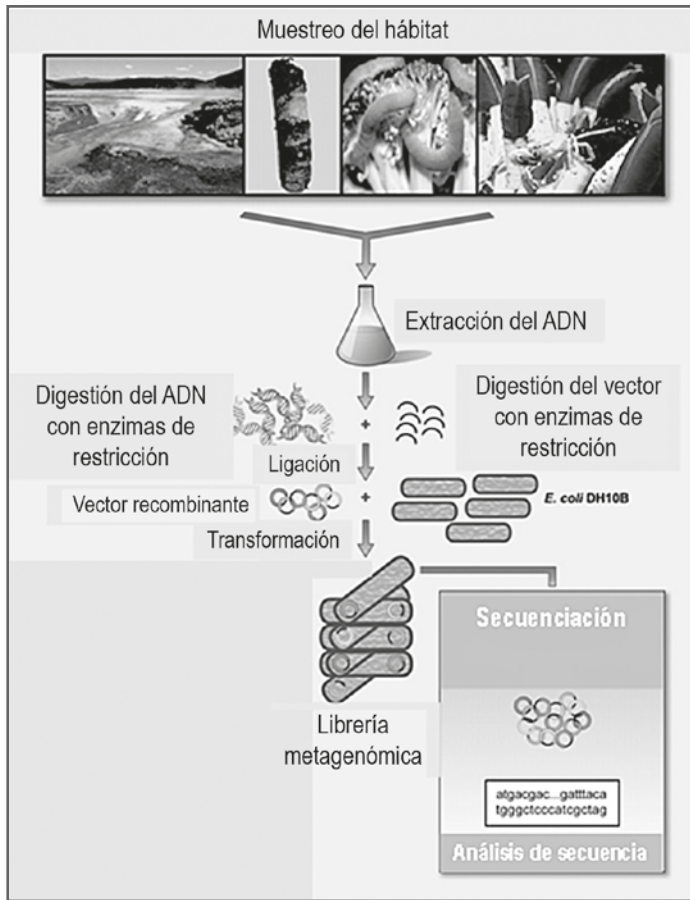
La Metagenómica es el estudio del conjunto de genomas de un determinado entorno (metagenoma), directamente a partir de muestras de ese ambiente, sin necesidad de aislar y cultivar las especies presentes.

Se extrae el ADN de forma global, luego éste es fragmentado y clonado en vectores. Posteriormente, se secuencian todos los fragmentos clonados, utilizando secuenciadores de nueva generación (Illumina, Ion torrent semiconductor,

etc.) Los fragmentos secuencias son comparados con fragmentos existentes en bases de datos, a fin de identificar a que especie o cepa pertenecen (Figura 7).

Esta tecnología es revolucionaria porque tiene un alto rendimiento y bajo costo, y permite identificar microorganismos con mucha precisión sin verlos ni cultivarlos.

Esta tecnología es muy útil para evaluar la calidad sanitaria de las semillas en un solo análisis.



**Figura 7.** Proceso para estudiar genomas de forma global mediante la tecnología de la Metagenómica (adaptado de Handelsman, 2004).

## 5. Tecnología del Diagnóstico Molecular

La tecnología del diagnóstico molecular permite detectar enfermedades y plagas analizando el genoma de los individuos.

Esta tecnología utiliza otras tecnologías para este fin, como la tecnología de los marcadores moleculares, la tecnología de la metagenómica, las micromatrices y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

Esta tecnología tiene muchas ventajas con relación a las técnicas tradicionales de diagnóstico. Por ejemplo, tienen una mayor sensibilidad, mayor especificidad, mayor rapidez, posibilidad de ana-

lizar muchos patógenos a la vez, posibilidades de automatización, etc.

## Perspectivas actuales

- En la actualidad ya se utilizan varias tecnologías derivadas de la Biología Molecular para evaluar la calidad de las semillas, debido a las numerosas ventajas que ofrecen con relación a los métodos tradicionales de evaluación. Si bien estos métodos actuales se utilizan básicamente para evaluar la calidad genética y sanitaria, es predecible que en el futuro también permitan evaluar otras categorías, como la calidad fisiológica y la calidad de almacenaje.

- En vista de que los análisis se realizan utilizando básicamente el ADN o el ARN, también es predecible que en el futuro, se evalúen una gran cantidad de parámetros genéticos, fisiológicos, sanitarios y de almacenamiento, en un solo análisis.
- El *Centro de Biotecnología y Nanotecnología Agropecuario y Forestal* de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales de la UMSS, está implementado las diferentes tecnologías derivadas de la Biología Molecular, para evaluar la calidad de las semillas. En un futuro próximo, este Centro de investigación ofrecerá servicios de evaluación de la calidad de las semillas a nivel molecular.

## Referencias citadas

- Cakir, M., Drake-Brockman, F., Ma, J., Jose, K., Connor, M., Naughton, J., Busanich, J., Naisbitt, M., Shankar, M., McLean, R., Barclay, I., Wilson, R., Moore, C., Loughman. 2008. Applications and challenges of marker-assisted selection in the Western Australian Wheat Breeding Program. The 11<sup>th</sup> International Wheat Genetics Symposium proceedings, Appels R, Eastwood R, Lagudah E, Langridge P, Mackay Lynne M. Sydney University. Press.
- Coles, N., Coleman, C., Christensen, S., Jellen, E., Stevens, M., Bonifacio, A., Rojas-Beltrán, J., Fairbanks, D., Maughan, P. 2005. Development and use of an expressed sequenced tag library in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for the discovery of single nucleotide polymorphisms. *Plant Science* 168:439–447.
- Ehrenreich, A. 2006. DNA microarray technology for the microbiologist: an overview. *Appl Microbiol Biotechnol.* 73(2):255-273.
- Handelsman, J. 2004. Metagenomics: application of genomics to uncultured microorganisms. *Microbiol Mol Biol Rev.* 68(4):669-685.
- Izadi-Darbandi, A., Yazdi-Samadi, B. 2012. Marker-assisted selection of high molecular weight glutenin alleles related to bread-making quality in Iranian common wheat (*Triticum aestivum* L.) *J. Genet.* 91(2):193-198.
- Jaccard P, (1901) Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. Numero 37, Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles, 547–579.
- Maughan, P., Smith, S., Rojas-Beltrán, J., Elzinga, D., Raney, J., Jellen, E., Bonifacio, A., Udall, J., Fairbanks, D. 2012. Single nucleotide polymorphisms identification, characterization and linkage mapping in *Chenopodium quinoa*. *The Plant Genome.* 5(3):1-7.
- Miller, M., Tang, Y. 2009. Basic Concepts of Microarrays and Potential Applications in Clinical Microbiology. *Clin. Microbiol. Rev.* 22(4) 611-633.
- Pérez-García, F., Pita-Villamil, J. 2001. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (eds). Hojas divulgativas. La Paz, Bolivia.
- Rojas-Beltrán, J. 2007. Uso de marcadores moleculares en el mejoramiento genético de las plantas (2007). Daniel Dania Ed. Instituto Autónomo de Investigaciones Agrarias (INIAP-Ecuador) y Universidad de Wageningen (Holanda). 203 p.
- Rojas-Beltrán, J., Bonifacio, A., Maughan, J., Jellen, E., Stevens, M., Coleman, C., Fairbanks, D. 2003. Avances en el estudio de la diversidad genética de la colección boliviana de quinua utilizando marcadores de tipo microsatélites. Informe Compendio (2002-2003) Fundación PROINPA. pp. 84-89.
- Rojas-Beltrán, J. 2005. Mejoramiento genético asistido por técnicas modernas para el desarrollo competitivo de la

cadena de la quinua: Técnicas derivadas de la Biología Molecular I. Ministerio de Desarrollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente. 8 p.

Rojas-Beltrán, J., Bonifacio, A., Maugham, J. 2007. Mejoramiento genético asistido por técnicas modernas para el desarrollo competitivo de la cadena de la quinua: técnicas derivadas de la Biología Molecular II. Ministerio de Desa-

rollo Rural, Agropecuario y Medio Ambiente. 16 p.

Rojas, J., Sánchez, Y., Alba, E., Cadima, X., Franco, J., Gandarillas, A. 2007. Utilización de la tecnología de los marcadores moleculares en la conservación del germoplasma y mejoramiento genético de la papa: Experiencias en Bolivia. Revista de Agricultura 40(59):29-36.

Trabajo recibido el 26 de julio de 2015 - Trabajo aceptado el 3 de agosto de 2015

## Libros destacados de reciente publicación:



### Autores:

Carola Antezana;  
Magaly Mercado;  
Susana Arrázola;  
Miltón Fernández;  
Bertha Soto y  
Olga Ruiz

**Fecha de publicación:** Diciembre de 2014

**Mayores referencias:** Centro de Biodiversidad y Genética FCyT-UMSS  
susana\_arrazola@yahoo.com

**Descripción general:** Documento con información descriptiva y gráfica, de más de 140 especies de 47 familias botánicas, presentes y predominantes en bosques de kewiña en el departamento de Cochabamba. Además contiene un glosario de términos técnicos en áreas de botánica y un capítulo descriptivo de las áreas donde predomina la kewiña.

# Validación de descriptores en poblaciones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) en los valles interandinos de Bolivia

Fimo Alemán, Calvin Canelas, Cecilia Ugarte

*Escuela de Ciencias Forestales - Universidad Mayor de San Simón*

*E mail: fimo\_ad@yahoo.es*

**Resumen.** A fin de caracterizar morfológicamente y determinar la variabilidad de poblaciones, a partir de un descriptor elaborado específicamente para las accesiones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, se tipificaron 32 accesiones, registrándose en ellas 28 variables cuantitativas y 21 cualitativas. Las accesiones estudiadas presentan una amplia variabilidad para ambos caracteres. En el análisis de componentes principales para variables cuantitativas, de dos subcomponentes principales analizados, el primero aportó con el 19% a la varianza total y el segundo con 13%. Los resultados diferenciaron accesiones que contribuyeron con variables positivas: altura de copa, rendimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo; por otro lado el análisis de componentes principales para variables cualitativas, de dos subcomponentes principales analizados, el primero aportó con el 18% a la varianza total y el segundo con 15%. Entre estos subcomponentes se diferenciaron accesiones que contribuyeron con variables positivas: color de fuste, superficie del tronco, forma de vaina, color de vaina madura, estado de fructificación, hábito de crecimiento, color de flor abierta, anteras y testa. Según el comportamiento morfológico y fenológico, se diferenciaron de acuerdo al análisis de conglomerados tres grupos, el primer grupo está formado por 20, el segundo por 11 y el tercero por 1 accesión.

**Palabras clave:** Caracterización Morfológica; Variabilidad; Análisis de Conglomerados

**Abstract. Characterization of populations of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara) in the inter andeans valleys of Bolivia.** To characterize morphologically and determine the variability of populations, from a descriptor developed specifically for the accessions of *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, 32 accessions were typed, registering 28 quantitative and 21 qualitative variables. The studied accessions presented a wide variability for both traits. In the principal component analysis for quantitative variables, from two major subcomponents analyzed, the first one contributed to 19% of the total variance, and the second with 13%. The results differed accessions that contributed with positive variables: height of crown, seed yield, plant height, pod yield, crown diameter, length of leaflet; on the other hand the principal component analysis for qualitative variables, from the two major subcomponents, the first one contributed with 18% to the total variance, and the second with 15%. Among these subcomponents there were distinguished accessions that contributed with positive variables: stem color, surface of the trunk, shape of pod, color of ripe pod, fruiting state, growth habit, color of open flower, anthers and seed coat. According to the morphological and phenological behavior, there were distinguished in accordance with the cluster analysis three groups, the first group is made up of 20, the second of 11, and the third of 1 accession.

**Keywords:** Morphological Characterization; Variability; Cluster Analysis

## Introducción

La tara -*Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze-, es una especie forestal nativa de los valles andinos de Sud América, distribuida en Perú, Venezuela, Colombia, Ecuador y Bolivia, cuyos frutos industrializados son valiosos para la exportación, de usos múltiples y de valor agregado (Alnicolsa, 2010).

Alemán y Ugarte (2011), indican que esta especie, en Bolivia, se encuentra distribuida en los valles interandinos, siendo los sitios potenciales de producción: Mecapaca, Luribay, Sorata, Liconá, Ayata (en La Paz); Tarata, Cliza, Punata, Arani, Sacaba, Sipe Sipe, Tapacará, Independencia, Aiquile, Totora (en Cochabamba); San Pedro de Buena Vista, Acasio y Arampampa (en Potosí); Cercado y el Valle (Tarija); Padilla, Yotala, Yamparaez, Zudañez y Camarago (Chuquisaca) y Valle Grande, Comarapa y Moromoro (Santa Cruz). La gran variabilidad de individuos en la especie da lugar a una gama de poblaciones.

A objeto de un manejo adecuado, a partir de la base genética amplia, en el presente trabajo se aplica un descriptor específico para la especie, el cual toma en cuenta características fenológicas y morfológicas. La información obtenida permitió discriminar poblaciones. Se priorizaron sitios de recolección e individuos en los valles interandinos de Cochabamba, Santa Cruz, y Potosí, en los que se identificaron procedencias y accesiones, de las que se tomaron muestras de componentes morfológicos.

El objetivo del trabajo fue validar un descriptor para la especie *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze, en los valles interandinos de Bolivia, a fin de definir

los posibles grupos de accesiones de tara, asimismo aplicar técnicas numéricas (análisis de componentes principales) en base a datos de variables cuantitativas y cualitativas, recabadas mediante el descriptor propuesto para la discriminación de grupos afines.

## Materiales y métodos

**Ubicación de los árboles.** En cada localidad se seleccionó árboles con buenas características fenotípicas, registrándose en el descriptor de tara, llegando a obtenerse 32 árboles (accesiones), de los cuales se extrajo de manera aleatoria 10 muestras vegetativas como: hojas, inflorescencias, racimos de vainas y semilla.

**Metodología para la descripción y caracterización.** De acuerdo a las accesiones descritas en el Cuadro 1, con el número de muestras que fueron recolectadas por accesión y procedencia, se procedió a la medición de cada una de éstas y su posterior registro de todos los datos requeridos en el descriptor planteado por Alemán y Ugarte (2010).

**Características fenotípicas evaluadas.** Las variables *cuantitativas* evaluadas fueron 28 caracteres y las *cualitativas* 25, en ambos casos se consideró los caracteres fenológicos y morfológicos más sobresalientes.

**Caracterización de los árboles.** Se consideró la altura de planta, diámetro de tronco, altura de bifurcación, alturas de fuste y copa, diámetro de copa, densidad de espinas, hábito de crecimiento, ángulo de inserción de las ramas promedio, color del fuste, superficie del tronco, forma de la copa, color de la punta del rebrote, superficie de la punta del rebrote.

**Cuadro 1.** Número de accesiones, procedencia y zona de vida

Nro. de accesión	Procedencia (municipio)	Departamento	Zona de vida
2	Arani	Cochabamba	ee-MBST
2	Capinota	Cochabamba	ee-MBST
4	Cercado	Cochabamba	ee-MBST
2	Sacaba	Cochabamba	ee-MBST
3	Esteban Arce	Cochabamba	ee-MBST
4	Germán Jordan	Cochabamba	ee-MBST
1	Gral. B. Bilbao	Potosí	bs-PMST
5	Punata	Cochabamba	ee-MBST
7	Quillacollo	Cochabamba	ee-MBST
1	Totora	Cochabamba	bs-MBST
1	Valle Grande	Santa Cruz	bs-MBST

**Caracterización de la hoja.** Considerando la posición de foliolos, forma de foliolos, color de hoja, longitud de pinna, longitud de peciolo, grosor de foliolos, número de foliolos por pinna, largo y ancho de foliolos.

**Caracterización de la inflorescencia.** Se registraron datos del solapamiento, longitud relativa de las anteras con relación al estigma, tipo de flor, color de la flor abierta, color de las anteras, tamaño del racimo, número de racimillos, número de flores por racimo.

**Caracterización del fruto.** A partir de la forma de la vaina, vaina con/sin brillo superficial, color de la vaina a la madurez, número de vainas por racimo, rendimiento de vainas por árbol, ancho de la vaina, largo de la vaina, espesor de la vaina.

**Caracterización de la semilla.** Para este parámetro se consideró el color de la testa, forma de la semilla, número de semillas por vaina, peso de 1000 semillas, porcentaje de humedad.

**Estado de floración y de fructificación.**

Medido a partir de tres escalas:

1=Precoz, 2=Intermedio, 3=Tardío.

Se registró la fenofase, aproximadamente, cada 15 días.

**Ataque de enfermedades y plagas.** Se registró esta variable a partir de la siguiente escala convencional:

1 = Resistente (0% - 10%)

2 = Tolerante (11% - 25%)

3 = Susceptible (25% adelante)

**Análisis estadístico** Para el análisis estadístico se estructuró una matriz básica de datos, la cual se elaboró a partir de la información que se obtuvo en la caracterización y evaluación. Esta matriz estuvo compuesta por 28 variables cuantitativas y 25 variables cualitativas, a la que se aplicaron los siguientes análisis: estadística descriptiva, coeficiente de correlación, análisis de componentes principales y análisis de conglomerados.

**Mapa de distribución de poblaciones identificadas** A partir de la obtención de coordenadas de la ubicación de las accesiones, mediante un GPS, se logró

establecer una base de datos con las coordenadas UTM (X y Y). Se utilizó el programa ArcView®, realizando la introducción de los puntos identificados y los grupos de poblaciones.

## Resultados y discusión

**Análisis de estadístico de los caracteres cuantitativos.** El análisis estadístico, muestra la media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo y máximo que son descritos en el Cuadro 2, permitiendo estimar el comportamiento de las variables cuantitativas.

**Análisis de Componentes Principales de las variables cuantitativas.** Las 32

accesiones de tara, con 28 variables evaluadas, tiene una variación explicada en los primeros seis componentes principales, que representa aproximadamente 66% de la variación acumulada y un 68% de coeficiente de variación por debajo del 30%. El primer componente principal explica el 19.07% de la variación total y expresa principalmente a los caracteres: altura planta, diámetro altura pecho, altura de copa, diámetro de copa, largo de foliólulo, rendimiento de vainas/árbol y rendimiento de semilla (kg/árbol). Estos resultados sugieren que las 32 accesiones presentan mayor diversidad para estos caracteres.

**Cuadro 2.** Estadística descriptiva de caracteres cuantitativos de accesiones de *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze (tara)

Código	Variable	Media	Desv. Est.	CV %	Mínimo	Máximo
msnm	Altitud (msnm)	2531	163.78	6.06	2064.00	2998.00
pend	Pendiente (%)	9.47	4.46	47.08	5.00	25.00
alt	Altura de planta (m)	7.81	1.74	22.27	4.00	11.50
dap	Diámetro altura pecho (cm)	24.24	9.16	37.78	7.00	55.00
altbif	Altura bifurcación (m)	1.78	0.73	41.18	0.70	4.50
altfus	Altura de fuste (m)	2.47	0.86	34.87	1.40	5.50
altcop	Altura de copa (m)	5.38	1.36	25.24	2.60	8.00
dcopa	Diámetro de copa (m)	6.31	1.81	28.63	2.50	10.00
espins	Densidad de espinas por dm <sup>2</sup>	1.19	1.31	109.98	0.00	5.00
longpin	Longitud foliolo (cm)	9.00	1.17	13.04	6.26	11.20
longpec	Longitud peciolo (cm)	2.73	0.73	26.72	0.10	3.61
grosfol	Grosor de foliólulo (mm)	0.33	0.05	14.22	0.30	0.40
nfol	Nro. de foliólulo/pinna	11.72	0.58	4.91	10.80	13.40
ancfol	Ancho de foliólulo (cm)	1.60	0.20	12.32	1.28	1.99
largfol	Largo de foliólulo (cm)	3.35	0.41	12.38	2.61	4.18
tracim	Tamaño de racimo (cm)	13.66	1.72	12.59	9.90	18.75
nracim	Nro. de racimillos	1.99	0.32	16.17	1.50	2.70
nfolul	Nro. de flores/racimo	163.39	41.36	25.31	87.20	258.00
largfrut	Largo de vaina (cm)	8.88	0.46	5.18	7.96	9.90
ancfrut	Ancho de vaina (cm)	1.94	0.13	6.88	1.73	2.27
espfrut	Espesor de vaina (cm)	0.67	0.07	10.40	0.53	0.85
nvains	Nro. de vainas/racimo	29.88	8.11	27.14	19.17	61.90
rendvain	Rend. de vainas/árbol (kg)	48.00	31.55	65.73	5.00	138.00
rensem	Rend. de semilla (kg/árbol)	19.59	13.10	66.86	1.89	50.50
ppolvo	Polvo (%)	27.97	3.79	13.54	22.59	38.38
humsemi	Humedad semilla (%)	8.73	4.07	46.57	3.53	18.03
nsemill	Nro. de semillas/vaina	5.50	0.42	7.57	4.90	6.40
ps1000	Peso de 1000 semillas (g)	232.79	42.30	18.17	53.90	317.00

El segundo componente principal explica el 13.5% de la variación total y expresa a los caracteres: grosor de foliólulo, ancho de foliólulo, número de flores/racimo y largo de fruto.

El primer componente diferenció accesiones que contribuyeron con variables positivas. En mayor proporción fueron: altura de copa, rendimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo.

El segundo componente aportó con el 13% de forma positiva, las variables fueron: grosor y ancho de foliólulo, número de flores/racimo, largo vaina.

### **Variación explicada de las variables cualitativas**

Las 21 variables resultantes y 32 accesiones, presentan una variación explicada en los primeros seis componentes principales, los cuales explican aproximadamente 66.14 %. El primer componente es el 18.39% de la variación total y expresa a los caracteres: hábito de crecimiento, color de fuste, superficie del tronco, forma de foliolo, forma de vaina, color vaina madura, estado de fructificación. Estos resultados de las 32 accesiones muestran una mayor diversidad.

El segundo componente principal explica el 15.31% de la variación total y expresa a los características hábito de crecimiento, color de fuste y forma de foliolo. Se observa que el primer componente aportó con el 18.39% a la varianza total y el componente 2 con 15.31%, las variables de mayor influencia es de forma positiva.

El primer componente diferenció accesiones que contribuyeron con variables

positivas, en mayor proporción: color de fuste (v05), superficie del tronco (v06), forma de foliólulos (v13), forma de vaina (v21), color de vaina madura (v23) y estado de fructificación (v27).

El segundo componente aportó con más del 15.31% de forma positiva, las variables son: color de fuste (v05), superficie del tronco (v06), forma de foliólulos (v13), color de flor abierta (v19), color de anteras (v20) y estado de floración (v26).

### **Análisis de conglomerados (agrupación jerárquica)**

De acuerdo a las características cuantitativas y cualitativas, las 32 accesiones se separaron en 3 grupos (Figura 1), se registra los grupos significativos de poblaciones, como resultado del dendrograma elaborado mediante el método completo.

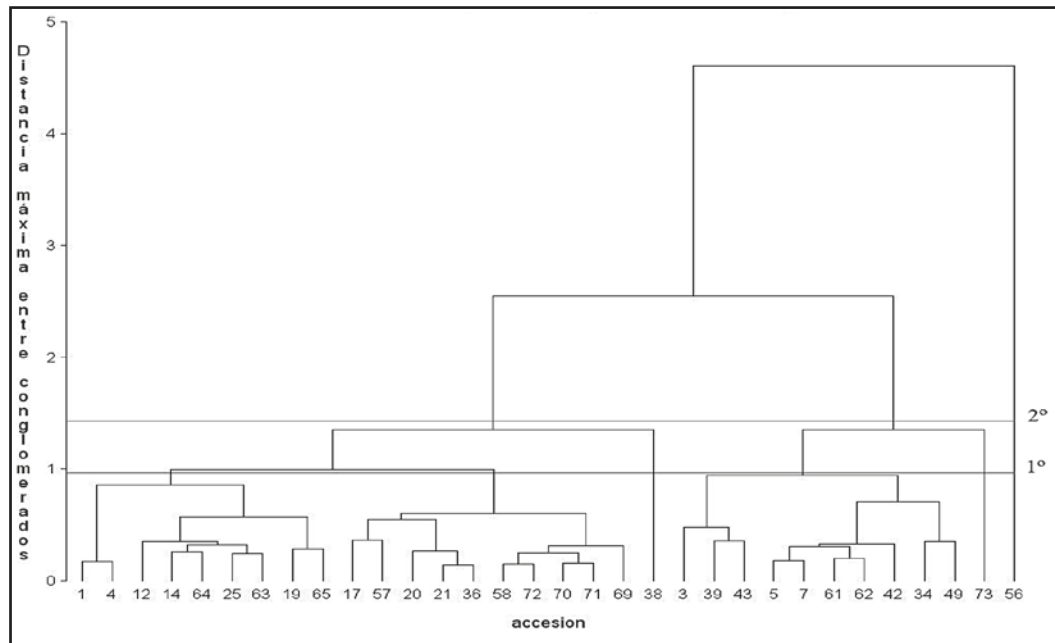
### ***Promedios por clúster de los subgrupos seleccionados***

Los promedios de las 28 variables de las accesiones y agrupados por clúster o grupos, se presentan en el Cuadro 3, donde el clúster G 1.1, considerando la variable rendimiento de semilla, presenta un rendimiento mayor de 25.45 kg/árbol al igual que el clúster G 2.1, ésta a su vez es mayor al clúster G 1.2, G 1.3, G 2.2 y G 1.3.

El principal propósito del análisis clúster, es agrupar objetos u individuos, basándose en las características que poseen (Hair y Anderson, 2000). Además se muestran promedios de 28 variables por cada uno de los subgrupos clúster, analizados durante el proceso estadístico los datos del Cuadro 3. El primer grupo (G1) está conformado por

20 accesiones, las cuales se distinguen por presentar una altitud mayor, conformada por accesiones con procedencias del Valle Alto y Central (2750 y 2832 msnm). El grupo dos (G2) conformado por 10 accesiones que presen-

tan una altitud menor, procedentes del Valle Bajo como Quillacollo y Capinota (2594 msnm) y el grupo tres (G3) conformado por un individuo proveniente de 2064 msnm.



**Figura 1.** Dendrograma de accesiones según el método completo

**Dendrograma y discriminación de accesiones**

El dendrograma (Figura 1) visualiza a las accesiones que tienen similitud, a mayor valor del coeficiente “distancia máxima entre grupos”, donde a menor distancia se tiene mayor cantidad de grupos (1er. corte), cuya distancia corresponde a 0.94, (aproximadamente un 20% de su escala). Por el contrario, a mayor distancia se observa un número menor de grupos (2do. corte), esta distancia corresponde a 1.35 (aproximadamente un 29% de la escala) donde se registran 3 grupos definidos con diferente número de accesiones.

**Discriminación de variables cualitativas en grupos seleccionados**

Se observó que las variables cualitativas como: color de fuste, superficie del tronco, color de la punta del rebrote, superficie de la punta del rebrote, ciclo de la vida vegetativa, forma del foliólulo, solapamiento del fruto, longitud relativa de anteras, ataque de plagas y enfermedades, del grupo uno y dos, tienen la misma característica de 85% a 100%. Por otro lado la forma de la vaina, color de la vaina y forma de la semilla se muestra una diferencia significativa entre el grupo uno y grupo dos.

**Cuadro 3.** Promedio de resultados de 28 variables de Tara por clúster

		Clúster	G 1			G 2		G 3
			G 1.1	G 1.2	G 1.3	G 2.1	G 2.2	G 3.1
<b>Variables</b>								
msnm	Altitud (msnm)		2750.50	2832.56	2998.00	2594.70	2525.00	2064.00
pend	Pendiente (%)		6.70	10.89	25.00	9.50	8.00	10.00
alt	Altura planta (m)		8.20	6.89	9.00	8.70	6.00	4.00
dap	Diámetro (DAP) (cm)		26.90	21.20	32.00	26.30	14.00	7.00
altbif	Altura bifurcación (m)		1.64	1.54	1.70	2.12	2.20	1.40
altfus	Altura de fuste (m)		2.56	2.19	2.70	2.73	2.20	1.40
altcop	Altura de copa (m)		5.75	4.76	7.30	5.80	3.80	2.60
dcopa	Diámetro de copa (m)		7.15	5.67	8.00	6.55	3.30	2.50
espins	Densidad espinas por m <sup>2</sup>		0.70	1.67	1.00	0.90	1.00	5.00
longpin	Longitud pinna (cm)		9.30	7.90	11.20	9.43	9.05	9.30
longpec	Longitud peciolo (cm)		2.97	2.37	3.00	2.77	3.00	2.50
grosfol	Grosor de foliólulo (mm)		0.35	0.32	0.30	0.32	0.40	0.30
nfol	Nro. de foliólulos /foliolo		11.53	11.81	12.60	11.82	11.20	11.60
ancfol	Ancho de foliólulo (cm)		1.58	1.49	1.79	1.68	1.52	1.84
largfol	Largo de foliólulo (cm)		3.33	3.02	4.18	3.54	3.36	3.61
tracim	Tamaño de racimo (cm)		13.29	13.42	12.50	14.63	12.83	11.90
nracim	Nro. de racimillos		2.02	2.01	1.90	1.96	1.80	2.00
nfolul	Nro. de flores / racimo		157.88	171.96	155.10	163.46	145.10	167.40
largfrut	Largo de vaina (cm)		8.84	8.69	8.90	9.02	9.33	9.25
ancfrut	Ancho de vaina (cm)		1.96	1.95	2.27	1.90	1.93	1.87
espfrut	Espesor de vaina (cm)		0.70	0.69	0.66	0.63	0.69	0.53
nvains	Nro. de vainas / racimo		28.37	34.91	27.90	28.13	20.60	28.40
rendvain	Rend. de vainas/árbol (kg)		63.40	30.33	46.00	56.50	13.00	5.00
rensem	Rend. semilla (kg/árbol)		25.45	12.16	14.40	24.14	5.31	1.89
ppolvo	Polvo (%)		28.97	28.58	25.52	26.55	27.49	29.69
humsemi	Humedad (%)		6.75	9.97	5.44	10.05	12.16	4.10
nsemill	Nro. de semillas /vaina		5.52	5.64	5.00	5.39	5.40	5.70
ps1000	Peso de 1000 semillas (g)		255.73	227.73	258.90	227.57	53.90	254.00

## Conclusiones

- La validación del descriptor permitió discriminar la variabilidad de acuerdo al comportamiento fenológico y morfológico, aplicando el análisis estadístico correspondiente.
- El análisis de componentes principales para variables cuantitativas, en 2 subcomponentes, donde el primero aportó con el 19.1% a la varianza total permitió diferenciar accesiones que contribuyeron con variables positivas en mayor proporción como: altura de copa, ren-

dimiento de semilla, altura de planta, rendimiento de vainas, diámetro de copa, largo de foliolo. El segundo subcomponente aportó con el 13.1%. En cambio, el análisis para variables cualitativas, contempló 2 subcomponentes. El primero aportó con el 18.4% a la varianza total, diferenciando accesiones que contribuyeron con variables positivas como color de fuste, superficie del tronco, formas de foliolo y vaina, color de vaina, fructificación, colores de flor y anteras, estado de floración. El segundo subcomponente aportó con el 15.3%.

- El análisis de datos recabados en el descriptor para el comportamiento morfológico y fisiológico, diferencia dos grandes grupos, el primer grupo está formado por 20 accesiones, el segundo grupo está formado por 11 accesiones y un tercer grupo que corresponde a Santa Cruz.

## Referencias citadas

Alemán, F., Ugarte, C. 2011. Manual del cultivo de la tara. Universidad Mayor de San Simón - BASFOR/ESFOR, COSUDE - IC/ ECOBONA. Cochabamba, Bolivia. 40 p.

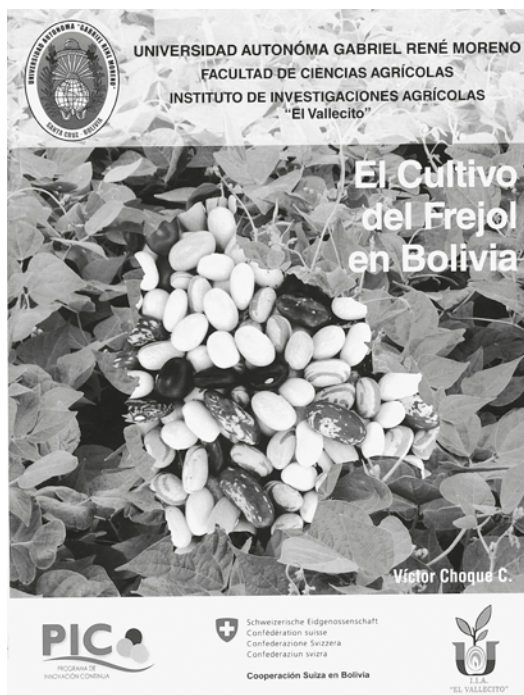
Alemán, F., Ugarte, C. 2010 Descriptor morfológico y sitio para la tara (*Caesalpinia spinosa*). ESFOR-UMSS. Cochabamba, Bolivia.

Alnicolsa. 2010. Productos agroindustriales de exportación. Todo sobre la Tara (*Caesalpinia spinosa*) Lima, Perú. *En línea*. Disponible en: [lorenzobasurto.tripot.com](http://lorenzobasurto.tripot.com). Consultado el 1 de septiembre de 2014.

Hair, J., Anderson, R. 2000. Análisis Multivariante". 5ta. ed.. Prentice Hall. Madrid, España. 798 p.

Trabajo recibido el 18 de septiembre de 2014 - Trabajo aceptado el 12 de junio de 2015

## Libros destacados de reciente publicación:



**Autor:** Ing. Agr. MSc. Victor Choque C.

**Fecha de publicación:**

Noviembre de 2013

**Descripción general:**

Valiosa y altamente didáctica publicación que presenta conceptos sobre la especie y el manejo agronómico del cultivo de frijol, a partir de la experiencia del autor, en condiciones de la zona tropical y subtropical de Bolivia.

**Mayores referencias:**

Instituto de Investigaciones Agrícolas "El Vallecito" (telf. 3422130, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia)

[victorchoquecolque@gmail.com](mailto:victorchoquecolque@gmail.com)

# Estudio morfológico y molecular de la diversidad genética del tomate silvestre (*Solanum* spp.) boliviano

Andrea Torrico <sup>1</sup>; Mario Crespo <sup>1</sup>; Jorge Rojas <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fundación PROINPA

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias - UMSS

E mail: andrea.torricoferrufino@gmail.com

**Resumen.** Las especies silvestres de tomate presentan genes que podrían elevar la calidad de los cultivos y su valor nutricional. El objetivo del trabajo fue estudiar la diversidad genética del tomate silvestre (*Solanum* spp.) a nivel morfológico y molecular a fin de diseñar estrategias de conservación y uso eficiente de genes de interés agronómico. Se analizó, a nivel morfológico, características de la planta, flor y fruto. Para el análisis molecular, se utilizó tejido de hoja para la extracción de ADN. Se realizó un análisis de componentes principales y la construcción de un clúster con datos morfológicos. Estos análisis generaron un grupo formado por especies silvestres var. *ceraciforme* repatriadas del Centro de Recursos Genéticos de Tomate (TGRC) y las silvestres colectadas en Bolivia *S. neorickii* (código CPL), el otro grupo, formado por variedades ceraciformes (código CL) y una cultivada colectada en Bolivia. El análisis molecular confirmó la formación de dos grupos con mayor claridad, un grupo formado por accesiones colectadas denominadas *S. neorickii* (código CPL) más relacionadas con *S. chmielewskii*, el segundo grupo formado por las especies *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*. Las accesiones clasificadas como *S. neorickii* están más relacionadas a la especie *S. chmielewski*, pudiéndose concluir que podrían pertenecer a esta última especie.

**Palabras clave:** Germoplasma Nativo; Análisis Molecular; Caracterización Morfológica

**Abstract. Morphological and molecular study of genetic diversity of bolivian wild tomato (*Solanum* spp.)** The wild tomato species have genes that could improve the quality of the crops and their nutritional value. The objective was to study the genetic diversity of wild tomato (*Solanum* spp.) at morphological and molecular level to design strategies of conservation and efficient use of genes of agronomic interest. Characteristics of the plant, flower, and fruit at morphological level were analyzed. For molecular analysis leaf tissue was used in DNA extraction. A principal component analysis and the construction of a cluster with morphological data were performed. These analyzes generated a group of wild species var. *ceraciforme* repatriated from the Genetic Resources of Tomato Center (TGRC) and the wild species collected in Bolivia *S. neorickii* (CPL code), the other group consisted of ceraciformes varieties (CL code) and one cultivated collected in Bolivia. The molecular analysis confirmed the formation of two groups more clearly; a group of collected accessions called *S. neorickii* (CPL code) more related with *S. chmielewskii*, the second group consists of the species *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*. The classified accessions as *S. neorickii* are more related to the species *S. chmielewski*, being able to conclude that these could belong to the latter species.

**Keywords:** Native Germoplasm; Molecular Analysis; Morphological Characterization

## Introducción

El tomate es una hortaliza que se encuentra dentro del género *Solanum*, el mismo que cuenta con aproximadamente 1500 especies a nivel mundial y representa uno de los géneros más extendidos de las angiospermas y es el género más largo en las Solanaceae (Vallejo, 1999).

Los tomates silvestres y sus parientes son plantas del oeste de América del Sur y son plantas de zonas áridas, generalmente se encuentran en áreas abiertas, quebradas, a lo largo de arroyos o carreteras donde la intensidad de luz es mayor (Peralta *et al.*, 2008).

Las especies silvestres de tomate tienen la particularidad de presentar caracteres que les confieren tolerancia a diversos estreses abióticos y resistencia a patógenos (virus, bacterias, hongos y nemátodos) (Esquinas-Alcazar, 1981). Estos caracteres del tomate silvestre hacen que sea prioridad su conservación con la finalidad de preservar su variabilidad (Biasutti, 2007).

En Bolivia, hasta el año 2009, no se contaba con información registrada sobre la existencia de tomate silvestre colectado. La Fundación PROINPA ha iniciado labores de colecta de especies silvestres el año 2010, en diversas regiones del país, material sobre el cual se realizó el estudio taxonómico y molecular.

Adicionalmente, el Centro de Recursos Genéticos de Tomate (TGRC) cuenta en la actualidad con 9 accesiones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* provenientes de Bolivia, que fueron repatriadas por la Fundación PROINPA.

La clasificación de las especies silvestres se ha basado en caracteres morfológicos, por tanto han propuesto diferentes números de especies y categorías supra específicas (Peralta y Spooner, 2000).

Los marcadores moleculares, son la herramienta de mayor uso en el estudio de diversidad genética del tomate silvestre (Villand *et al.*, 1998). Actualmente las secuencias de repetición simple (SSR) o marcadores microsatélites son los marcadores preferidos debido a sus ventajas con relación a otros marcadores. (He *et al.*, 2003).

En Bolivia, el cultivo de tomate es de gran importancia, tanto por su amplia adaptabilidad a distintos pisos ecológicos, como por su rendimiento, generando importantes ingresos económicos a los agricultores que lo cultivan. Sin embargo numerosos factores bióticos y abióticos limitan la producción de tomate en Bolivia. Por esta razón, se hace uso intensivo e indiscriminado de agroquímicos para obtener cosechas rentables, poniendo de esta manera en riesgo la salud de los consumidores y también del medio ambiente. Una manera de mitigar este problema es obteniendo variedades resistentes a plagas y enfermedades mediante mejoramiento genético.

En consecuencia, es importante estudiar la diversidad genética de las especies silvestres de tomate, que constituyen un gran reservorio de genes de resistencia a múltiples enfermedades, tolerancia a sequía, altas y bajas temperaturas, salinidad además que contienen altos contenidos de antioxidantes, vitaminas y azúcares entre otros. Los genes de las especies silvestres de tomate, pueden ser empleados para que el tomate pueda

tolerar condiciones ambientales cambiantes y beneficiar las necesidades humanas. Dada esta importancia y considerando que las especies silvestres están en riesgo de desaparecer, por la sobre explotación y la pérdida de su hábitat, el estudio y conservación de estas especies son de vital importancia. A su vez, el estudio de la diversidad genética del tomate silvestre (*Solanum* spp.) boliviano, a nivel morfológico y molecular, permitirá diseñar estrategias de conservación y uso eficiente de los genes de interés agronómico.

En este marco, el presente trabajo se realizó buscando caracterizar morfológica y molecularmente los tomates silvestres bolivianos colectados y repatriados de distintas regiones de Bolivia; además se busca establecer un grupo de marcadores microsatélites que revelen la diversidad genética en el tomate silvestre boliviano, para de esta manera determinar la diversidad genética del tomate silvestre boliviano.

## Materiales y métodos

La Fundación PROINPA, en el marco del Proyecto *Desarrollo y valoración de recursos genéticos de Lycopersicum* spp. para su utilización en mejoramiento genético de Solanáceas frente a estrés biótico y abiótico, realizó colectas en lugares previamente definidos, a través de un estudio realizado mediante Sistemas de Información Geográfica. Se clasificó taxonómicamente las muestras colectadas de tomate silvestre, mediante 19 descriptores morfológicos de tomate del IPGRI (1996), tomándose en cuenta los más discriminantes.

La extracción de ADN se realizó siguiendo el Protocolo CTAB (hexadecil

bromuro de trimetil amonio) de Doyle y Doyle (1990) utilizado en los laboratorios de Biología Molecular de la Fundación PROINPA. El DNA extraído se visualizó en geles de agarosa al 1% y se determinó la calidad y la cantidad del mismo. Se realizó la amplificación de 19 microsatélites, en el *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics* ICRISAT. Los microsatélites se identificaron en la base de datos *Tomato Mapping Resource Database* (disponible en [www.tomatomap.net](http://www.tomatomap.net)).

Los productos del PCR fueron separados por tamaño, mediante electroforesis capilar, usando un analizador ABI Prism 3700 DNA (Applied Biosystems Inc.). Para este proceso, los primers forward fueron etiquetados con 6-FAM (azul), VIC (verde), NED (amarillo) o PET (rojo).

### *Análisis de datos morfológicos*

Los datos morfológicos se analizaron mediante el Análisis de Componentes Principales. A partir de este análisis, se realizó un análisis de clúster, que permitió ver con mayor claridad la similitud y diferencias entre individuos y grupos de individuos. Se construyó el clúster utilizando el método de WARD mediante el paquete estadístico PASW Statistics 18.

### *Análisis de datos moleculares*

Se realizó un análisis de conglomerados con datos moleculares utilizando el *Coefficiente de Dice*. El cálculo de los coeficientes de similitud y la construcción del clúster se realizó mediante la aplicación del subprograma SAHN del paquete estadístico NTSYS-PC, el mismo que utiliza el método UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method Using*

*Arithmetic Averages*) como algoritmo de agrupación de genotipos.

Para el análisis de diversidad genética se utilizaron los siguientes parámetros: el índice de heterocigocidad (H), el número promedio de alelos (n), el número efectivo de alelos (Ae) y el contenido de información polimórfica (PIC).

## Resultados y discusión

### *Análisis de componentes principales del tomate silvestre con datos morfológicos*

La matriz factorial (Cuadro 1), muestra la contribución de cada variable que se asocia a cada componente principal y la varianza total de cada componente.

Se puede distinguir que el primer componente presenta la mayor variabilidad con un 46.32% del total. En este componente se observa las variables con mayor variabilidad: LP, NEC, ACP, TF, TH y LF, es decir que este componente distinguió el tamaño, forma y características del fruto y longitud-ancho del pedicelo, por presentar dimensiones pequeñas, por tanto este grupo está representando a las especies de tomate silvestre y a las ceraciformes asilvestradas.

En el segundo componente aporta con un 23.8% del total y las variables de mayor significancia son FHF con 90.7% y la NL con 71.2%. En efecto este componente identificó las accesiones que presentan mayor número de lóculos y variación en la forma del hombro del fruto. Por tanto este componente está representando al grupo de las variedades cultivadas y las relacionadas a esta.

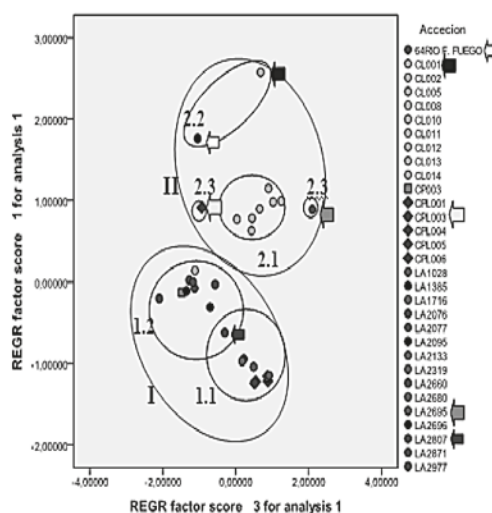
**Cuadro1.** Matriz factorial correspondiente a variables morfológicas de las accesiones de tomate

Componentes	1	2	3
Valor propio	4.632	2.384	1.570
Porcentaje de varianza	46.318	23.840	15.701
Variables	Coeficientes de correlación		
LP	.932	-.150	.185
NEC	.898	-.273	.259
ACP	.886	-.210	.255
TF	.868	.218	-.130
TH	.809	.075	.051
LF	.744	.424	-.096
AF	.373	.631	-.649
FHF	.010	.907	-.205
FF	-.158	.533	.770
NL	-.217	.712	.565

**Fuente:** Programa PAWS Statistics 18.

Tipo de hoja (TH); Forma predominante del fruto (FF); tamaño del fruto (TF); Longitud del fruto (LF); Ancho del fruto (AF); Nervadura en el extremo del cáliz (NEC); Forma del hombro del fruto (FHF); Longitud del pedicelo desde la capa de abscisión (LP); Ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP); Número de lóculos (NL)

La Figura 1 muestra un gráfico de dispersión de puntos de las especies silvestres de tomate. Se puede observar la formación de los grupos I y II claramente diferenciados.



**Figura 1.** Análisis de componentes principales de 31 accesiones de tomate

La variedad Río Fuego y la accesión CL001, que forman parte del subgrupo 2.2, son las muestras más alejadas en comparación de todas las accesiones. En el caso de Río Fuego, esta lejanía se debe a que es una variedad cultivada y fenotípicamente diferente. Además esta accesión presenta los frutos más grandes a comparación del resto de las accesiones. Kwon *et al.* (2009) confirman en sus resultados, que las variedades de tomate cultivado y las asilvestradas, presentan grandes diferencias fenotípicas, así como genéticas.

La accesión CL001 presenta el tamaño del fruto grande a comparación al resto de las accesiones, sin embargo, en relación al tamaño del fruto de la variedad Río Fuego, es más pequeño. Es posible que esta accesión sea una mezcla entre una variedad cultivada y una variedad ceraciforme. Según Kwon *et al.* (2009) es posible esta transición entre una cultivada y una asilvestrada, pero solo puede ser clarificado mediante estudios moleculares.

La accesión CPL003 se encuentra fuera del grupo del las silvestres, porque presenta características fenotípicas diferentes a las silvestres, y tiene mayor relación con las accesiones de la variedad *ceraciforme*.

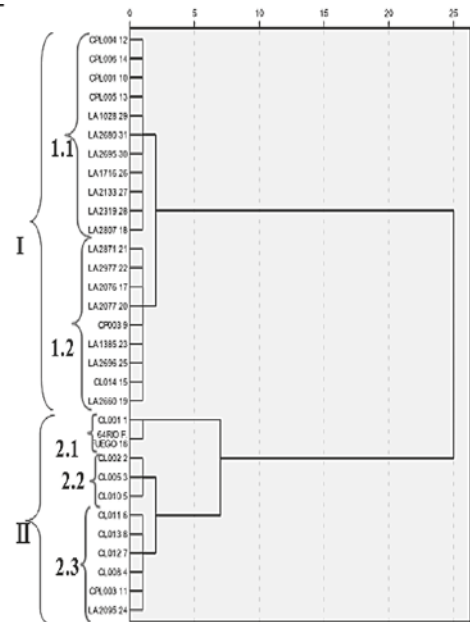
Para realizar los gráficos de las figuras 1 y 2, se tomaron en cuenta las variables más significativas: Longitud del pedicelo desde la capa de abscisión (LP), Nervadura en el extremo del cáliz (NEC), Ancho de la cicatriz del pedicelo (ACP), tamaño del fruto (TF), tipo de hoja (TH), longitud del fruto (LF), forma del hombro del fruto (FHF) y el numero de lóculos (NL). Estas variables fueron las más discriminantes al mo-

mento de realizar un análisis de diversidad fenotípica.

Nuez *et al.* (2004), realizaron un estudio de diversidad en tomate silvestre, tomando en cuenta, como características principales, el largo y el ancho del fruto. Por su parte Rodríguez *et al.* (2011), confirma que la diversidad fenotípica en el tomate se debe particularmente a la forma y al tamaño del fruto.

En el grupo I de la Figura 2, las accesiones denominadas silvestres y las asilvestradas, presentan frutos pequeños y esféricos.

En el grupo II que incluye las accesiones CL001, CL005, CL008, CL010, CL011, CL012, CL013, CPL003 y Río Fuego, presentan frutos de diferentes formas y tamaños. Por tanto, se puede concluir que la agrupación se formó en gran parte por las características de forma y tamaño del fruto.



**Figura 2.** Clúster de 31 accesiones de tomate utilizando el método de WARD

Según Rodríguez *et al.* (2011), se puede plantear la hipótesis que el tomate evolucionó de una forma pequeña y esférica a una gran diversidad de formas y tamaños. Esto quiere decir que el tomate con forma esférica y de menor tamaño, tiende a ser silvestre y mientras más diversas las formas de los frutos, tienden a ser próximos al tomate cultivado.

*Estudio de la diversidad genética del tomate silvestre a nivel molecular*

El análisis molecular de la diversidad genética del tomate silvestre, se realizó con 19 marcadores microsatélites, de los cuales solo 13 amplificaron en las 32 accesiones de tomate. Con estos datos, se obtuvo una matriz binaria y se analizó la diversidad genética (Cuadro 2).

Los iniciadores con mayor polimorfismo en estas especies es el SSR333-F,

con un PIC del 82% y un índice de heterocigocidad (H) del 83%. El TOM49-N, con un PIC del 82% y H del 83%. El TOM236-P y el LEVCOH15-F con un PIC del 80% y H del 82%.

Los marcadores microsatélites SSR96 y SSR349, dieron un bajo polimorfismo con 45% de PIC y 53% de H, sin embargo, Forrest (2008) generó un mayor porcentaje de PIC Y H en estudios de tomate con estos marcadores. Los marcadores que presentaron bajo polimorfismo en el presente trabajo, según la base de datos de marcadores microsatélites, solo fueron probados en variedades de tomate cultivado y en especies silvestres como *S. pimpinelifolium*, *S. habrochaites* y la *S. penneli*. No existen registros en esta base de datos que indique que fueron probados en otras especies silvestres de tomate, como *S. neorickii* o *S. chmielewskii*.

**Cuadro 2.** Análisis de diversidad genética de tomate para trece marcadores microsatélites

Marcador	Número de alelos	Ae	$\Delta n$	PIC (%)	H (%)
LEVCOH15-F	12	5.66	8.18	80	82
SSR318-V	7	3.70	13.86	70	73
SSR333-F	17	6.05	6.65	82	83
SSR349A-N	5	2.43	18.00	53	59
SSR383-N	6	3.80	15.33	69	74
SSR47-F	6	3.71	16.50	69	73
SSR63-F	8	4.76	11.25	76	79
SSR96-N	6	1.91	13.17	45	48
TOM152-F	8	2.82	8.88	62	65
TOM184-V	6	3.40	16.50	67	71
TOM188-V	13	3.94	7.54	73	75
TOM236-P	13	5.62	7.46	80	82
mTOM49-N	12	5.96	8.67	81	83

**Fuente:** Elaboración propia. Número efectivo de alelos (Ae); Número promedio de Alelos ( $\Delta n$ ); Contenido de información polimórfica (PIC); Valor de la heterocigocidad (H)

### *Análisis de Conglomerados del tomate silvestre en base a datos moleculares*

El clúster generado a partir accesiones de tomate silvestre muestra una estructura genética definida en la Figura 3. Se pueden distinguir grupos al interior de esta población que corresponden a las silvestres y las asilvestradas. En este clúster se visualizan dos grandes grupos coincidiendo los resultados del Análisis de Coordenadas Principales.

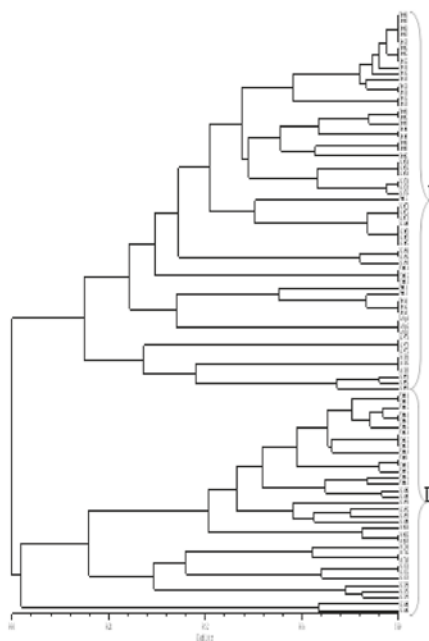
En el grupo I están presentes todas las accesiones denominadas asilvestradas (LA2076, LA2077, LA2660, LA2807, LA2871, LA2977, LA2095 y LA2696), la cultivada Río Fuego, la CPL003, la CP003 y todas las accesiones CL001, CL005, CL008, CL010, CL011, CL012, CL013 y CL014. El grupo II está conformado por las accesiones denominadas silvestres CPL001, CPL004, CPL005, CPL006, LA1028, LA2695, LA2680, LA1716, LA2133, LA2319 y la accesión LA2660.

En el clúster de la Figura 3, se observa que las accesiones de variedad ceraciforme LA2076, LA2077, LA2660, LA2807, LA2871, LA2977, LA2095 y LA2696), la cultivada Río Fuego, la CPL003, la CP003 y las CL001, CL005, CL008, CL010, CL011, CL012, CL013 y CL014 forman sub grupos con un coeficiente de similitud entre 0.6 y 0.7, mostrando una amplia diversidad genética. A diferencia de otros estudios Arias *et al.* (2010) y Peteira *et al.* (2001), obtuvieron baja diversidad genética en variedades cera-ciformes.

Este análisis de conglomerados permitió identificar accesiones potencialmente duplicadas, como es el caso de las accesiones CL001, CL002, CL012,

CL013, LA2660 y LA2807 que indican ser cercanas genéticamente.

Las accesiones CL005, CL008 y la CL010 colectadas en Bolivia, con las accesiones bolivianas LA2076, LA2077, LA2807, LA2871, y LA2095 repatriadas del TGRC, además de la accesión colombiana LA2696, presentan similitud genética, como se muestra en el grupo I; esta similitud puede ser debida a que tienen como carácter común, las mismas condiciones edafo climáticas, según las notas de coleta del TGRC.



**Figura 3.** Clúster que agrupa 32 accesiones de tomate

La accesión CPL003, clasificada como silvestre, se encuentra en el grupo II en una de las ramas con las variedades ceraciformes, incluyendo la variedad cultivada Río Fuego. Según informes Crespo *et al.* (2010), las muestras fueron colectadas en el jardín de una casa en Sorata (La Paz), considerándola una mezcla de silvestre y cultivada.

Igualmente en el grupo II se observa que las accesiones denominadas silvestres y clasificadas como *S. neorickii* CPL001, CPL004, CPL005 y CPL006 están dentro del grupo de las accesiones pertenecientes a la especie *S. chmielewskii*. Según Areshchenkova y Ganal (1998) se debe a que el uso de marcadores moleculares como los microsatélites, ha garantizado mayor eficacia en los resultados, sobre estudios de diversidad genética en tomate y en muchas especies de plantas. A diferencia del análisis morfológico que no discriminó entre la especie *S. neorickii* y *S. chmielewskii*.

De todas las accesiones de variedad ceraciformes, la accesión LA2660, posee el tamaño de fruto más pequeño. En la Figura 3 se observa que la accesión parece una transición entre las silvestres y las asilvestradas llamadas cerasiformes. Por tanto, se confirma la hipótesis de Rodríguez *et al.* (2011) que menciona que mientras más pequeño el fruto tiende a ser más silvestre.

*Clasificación taxonómica de los tomates silvestres bolivianos colectados de distintas regiones de Bolivia en base a criterios morfológicos y moleculares*

En base al análisis a partir de datos morfológicos, no se observa con claridad la diversidad genética en todas las accesiones.

El análisis molecular pudo corroborar que las accesiones CPL001, CPL004, CPL005 y CPL006, pertenecen a una especie silvestre y además que está emparentada a la especie *S. chmielewskii* y no así a la especie *S. neorickii*. Esto puede deberse a que las dos especies, desde un punto de vista morfoló-

gico, son muy parecidas. Según Peralta *et al.* (2008) la especie *S. chmielewskii* es hermana de *S. neorickii* y es difícil de distinguir las especies sobre todo en ausencia de flores. Las flores de *S. chmielewskii* son casi del doble del tamaño de las flores de *S. neorickii* entre otras características morfológicas de la flor.

El resto de las accesiones colectadas en Bolivia con el código CL, se encuentran relacionadas genéticamente a la especie *S. lycopersicum* var. *ceraciforme* repatriadas del TGRC. Las accesiones CL014 y la CP003, son las únicas accesiones que muestran relación genética con el tomate cultivado Río Fuego.

## Conclusiones

- El estudio morfológico y molecular de 32 accesiones, confirmó la existencia de diversidad genética para la especie *S. lycopersicum* var. *ceraciforme*.
- El análisis morfológico muestra baja diversidad genética y ciertas diferencias entre silvestres y asilvestradas.
- Los datos moleculares corroboran el análisis morfológico en la formación de dos grupos. Este análisis diferencia claramente los silvestres de los asilvestrados, por lo que se puede concluir que son genéticamente distintos.
- Las especies colectadas (código CPL), clasificadas como *S. neorickii* presentan una distancia genética estrecha con la especie *S. chmielewskii*, pudiendo concluir que pertenecen a esta última especie.

## Referencias citadas

- Areshchenkova, T., Ganal, M. 1998. Long tomato microsatellites are predominantly associated with centromeric regions. Institute for Plant Genetics and Crop Plant Research. Gatersleben, Germany. 536 p.
- Arias, Y., Peteira, B., González, I., Martínez, Y., Miranda, L. 2010. Variabilidad genética entre genotipos promisorios de tomate (*Solanum lycopersicum*) obtenidos en programas de mejoramiento frente al TYLCV. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Revista de Protección Vegetal, Habana, Cuba, vol. 25, nro. 3.
- Biasutti, C. 2007. Bancos de Germoplasma en Argentina. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Argentina. pp. 9-10.
- Crespo M. Lujan R., Plata G., Barea O., Crespo L., V. Lino. 2010 Guía para el Manejo del Cultivo de Tomate en Invernadero. 1-40. ISBN 978-99954-743-4-8. Cochabamba. WUR-Wageningen - F. Proinpa.
- Doyle J., Doyle J. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. BRL Focus.; 12:13-15.
- Esquinas-Alcázar, J. 1981. Genetic resources of tomatoes and wild relatives. Rep. Internat. Board Plant Genet. Res. No. AGP. IBPGR-80-103: 1-65.
- Forrest, S. 2008. Inheritance and Mapping of Resistance to Bacterial Spot race t4 (*Xanthomonas perforans*) in Tomato, and its relationship to race t3 hypersensitivity, and Inheritance of race t3 hypersensitivity from pi 126932. A dissertation presented to the graduate school of the University of Florida in partial fulfillment. pp. 1-132.
- He, C., Poysa, V., Yu, K. 2003. Development and characterization of simple sequence repeat (SSR) markers and their use in determining relationships among *Lycopersicon esculentum* cultivars. Theoretical and Applied Genetics, vol. 106, nro. 2, pp. 363-373.
- Kwon, Y., Park, S., Yi, S. 2009. Assessment of genetic variation among commercial tomato (*Solanum lycopersicum* L) varieties using SSR. Mariters and Morphological Characteristics, GENES & GENOMICS 31 (1): 1-10.
- Nuez, F., Prohens, J., Blanca, J. 2004. Relationships, origin, and diversity of Galapagos tomatoes: implications for the conservation of natural populations. Centro de Conservación y Mejora de la Agrodiversidad Valenciana, Universidad Politécnica de Valencia, España, American Journal of Botany 91(1): 86-99.
- Peralta, I., Spooner, M. 2000. Classification of wild tomatoes: A review. Torno 28 (1): 45-54.
- Peralta, I., Spooner, M., Knapp, S. 2008. Systematic botany Monographs. Taxonomy of Wild Tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae). Vol. 84.
- Peteira, B., Fernández, E., González-Chavez, M., Shagardsky, T., Miranda, L. 2001. Aplicación de marcadores RAPD al estudio de la diversidad genética en variedades de tomate y especies salvajes relacionadas en Cuba. Departamento de Fitopatología, División de Protección de Plantas. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA). Vol. 16: 84-91.
- Rodríguez, G., Muñoz, S., Anderson, C., Sung-Chur, S., Michel, A., Causse, M., McSpadden Gardener, B., Francis, D., Van der Knaap, E. 2011. Distribution of SUN, OVATE, LC and FAS in the tomato germplasm and the relationship to fruit shape diversity. Department of Horticulture and Crop Science. The Ohio State University. USA. American Society of Plant Biologists. pp. 3-6.
- Vallejo, C. 1999. Mejoramiento genético y producción de tomate en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Colombia. Cap. 1: 17,47.
- Villand, J., Lai, T., Hanson, P., Kuo, C., Nienhuis, J. 1998. Genetic variation among tomato accessions from primary and secondary centers of diversity. Crop Sci. 38: 1339-1347.

Trabajo recibido el 23 de marzo de 2014 - Trabajo aceptado el 7 de julio de 2014

# Aplicación de la metodología *mamá-bebé* para la evaluación y selección participativa de clones de papa con alto contenido de hierro y zinc

Julio Gabriel <sup>1</sup>; Ada Angulo <sup>1</sup>; José Luis Casazola <sup>2</sup>; Raúl Blanco <sup>3</sup>; Edwin Soliz <sup>3</sup>; Ricardo Vera <sup>3</sup>; José Velasco <sup>1</sup>, Félix Rodríguez <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fundación PROINPA; <sup>2</sup> ALTAGRO; <sup>3</sup> Visión Mundial

E mail: j.gabriel@proinpa.org

**Resumen.** El año 2013 se implementaron cuatro parcelas *mamá-bebé* en campo de agricultores, las que fueron manejadas por agricultores con apoyo técnico. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco y tres repeticiones, respectivamente y analizadas en series de experimentos. El objetivo fue evaluar la estabilidad de 12 clones avanzados en cuatro ambientes. Los resultados mostraron que al menos un clon fue diferente en rendimiento y éstas diferencias no fueron las mismas en todas las localidades, por lo que indica que hubo interacción genotipo\*ambiente. Los clones 399092.16, 399004.19 y la variedad Waych'a fueron estables pero inconsistentes y respondieron mejor en ambientes desfavorables. En Utavi, los clones fueron seleccionados participativamente por sus altos rendimientos, mayor número de tubérculos, mayor número de ojos y color de piel oscura. En Jacha los clones fueron seleccionados por su precocidad (4 meses y 10 días) y un clon por el mayor número de tubérculos/planta. En El Paso y Ñacoca los clones fueron seleccionados por piel rosa, rojo, morado y alto rendimiento.

**Palabras clave:** Investigación Participativa; Estabilidad Productiva; Interacción Genotipo Ambiente

**Abstract.** Application of the Mother-Baby methodology for the assessment and participatory selection of clones of potato with high content of iron and zinc. In 2013 there were implemented four *Mother – Baby plots* in farmer field; the *Baby plots* were handled by farmers together with technical support. These plots were planted in a randomized complete block design with five and three replications respectively and analyzed in series of experiments. The results showed that at least one clone was different in performance and these differences were not the same at all locations, which indicates that there was genotype\*environment interaction. The clones 399092.16, 399004.19, and Waych'a variety were stable but inconsistent and responded better in unfavorable environments. With the participatory evaluations in *Utavi*, there were selected the clones for their high yields, greater number of tubers and more eyes (increased number of outbreaks) and dark skin color (associated with more flavor). In *Jacha* there were selected the clones for their earliness (4 months and 10 days) and one clone for its larger number of tubers/plant. In El Paso and Ñacoca there were selected the clones for their pink, red, purple skin and high performance.

**Keywords:** Participatory Research; Productive Stability; Genotype Environment Interaction

## Introducción

El *Centro Internacional de la Papa* (CIP) desarrolló muchas variedades y clones avanzados de papa con diferentes atributos de resistencia y buena producción que fueron distribuidos en muchos países del mundo (CIP, 2014).

En esta línea de trabajo, muy recientemente, el CIP seleccionó 14 clones de papa con alto contenido de Fe y Zn (biofortificados).

Sin embargo, estos clones -para ser usados como nuevas variedades para las zonas paperas de Bolivia- deben ser sometidos a ensayos regionales, donde deben demostrar adaptabilidad, estabilidad en producción y resistencia a factores bióticos y abióticos priorizados, cuando sean sembrados en diferentes localidades (ambientes) y años. Esto debido a que la respuesta de un genotipo puede ser modificada por los efectos de interacción del genotipo \* ambiente (Eberhart y Russell, 1966).

La existencia de este efecto mostraría especificidad ambiental para algunas de las variedades, por lo que estos producirían de manera óptima solamente en algunos ambientes y en otros mostrarían un bajo desempeño.

La interacción genotipo \* ambiente (G\*A) no es sino el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando son sometidos a diferentes ambientes.

Los cambios que surgen en el ordenamiento de las variedades, al cambiar de un ambiente a otro, indican la presencia de G\*A y la ausencia de estabilidad para el carácter en cuestión (Urbina *et*

*al.*, 2007). Como resultado de estos cambios, un genotipo es capaz de producir varios fenotipos y reducir la correlación entre genotipo y fenotipo (Yan y Kang, 2003).

Para determinar la interacción G\*A, los genotipos deben ser evaluados en diferentes localidades, años y épocas (González, 2001). Estimar la interacción G\*A, en ensayos de campo, y el deseo del fitomejorador de manejar estas interacciones apropiadamente, ha llevado al desarrollo de procedimientos llamados genéricamente *Análisis de Estabilidad* (Yan y Kang, 2003, Ferreira *et al.*, 2006).

Por otra parte, la aplicación de las evaluaciones participativas demostró que se puede reducir el tiempo de selección durante el proceso de mejoramiento (Coca, 2006).

La valoración de los conocimientos de los agricultores, intermediarios y consumidores, permite al fitomejorador, determinar y proveer el tipo de papa que estos prefieren, y por tanto lograr una adopción más temprana (Gabriel *et al.*, 2008).

Por esta razón conviene que los clones mejorados de papa sean evaluados y seleccionados también por los actores de la cadena productiva de la papa (agricultores, intermediarios y consumidores), para que las variedades seleccionadas tengan la aceptación de los mismos.

En este sentido, se ajusta bien el uso del diseño *mamá & bebé* (Bejarano-Rojas *et al.*, 2009; Fonseca *et al.*, 2010), que es una metodología para la selección participativa de variedades (SPV) de clones avanzados, la cual consiste en

que el ensayo *mamá* se replica dentro de un sitio (estación o campo de agricultor) y sirve para comprobar hipótesis bajo el manejo del investigador.

Los ensayos *bebé* son ensayos satélites bajo manejo y recursos de los agricultores. Cada *bebé* cuenta como una repetición, que hace posible evaluar variaciones bajo el manejo y ambiente de agricultores. Los ensayos *bebé* son monitoreados a fin de recoger percepciones de los agricultores y resultados biológicos de tecnologías.

Por lo mencionado los objetivos de este estudio fueron:

- (i) Evaluar la estabilidad de 12 clones avanzados con elevado contenido de Fe y Zn en cuatro ambientes.
- (ii) Seleccionar los mejores clones por caracteres de preferencia de los agricultores.
- (iii) Validar la metodología y el diseño de selección participativa *mamá & bebé* a nivel de pequeños productores.

## Materiales y métodos

### *Ubicación*

Se implementaron cuatro parcelas, la parcela *mamá* fue establecida por PROINPA en la zona de El Paso, en predios de la Fundación PROINPA, a 15 km de la ciudad de Cochabamba en la provincia de Quillacollo, ubicada a 17°18' de latitud Sud y 66°14' de longitud Oeste, a una altitud de 2540 msnm.

Las parcelas *bebé* 1 y 2, fueron establecidas por VISION MUNDIAL en el departamento de Potosí, en las localidades de Utavi, municipio de Pocoata, provincia Chayanta, ubicada a 18°43' a 18°48' de latitud Sud, 66°18' a 66°11' de longitud Oeste, a una altitud de 4200 msnm y Jacha, municipio Chayanta; provincia Rafael Bustillo, ubicada a 18°14'21'' de latitud Sud y 66° 22'45'' de longitud Oeste, a una altitud de 4010 msnm.

La parcela *bebé* 3 fue implementada por ALTAGRO en la localidad de Ñacoca del municipio de Taraco, provincia Ingavi, del departamento de La Paz, ubicada a 16°26'08'' de latitud Sud y 68°56'43'' de longitud Oeste, a una altitud de 3810 msnm.

### *Material vegetal*

Se utilizó 12 clones mejorados de papa procedentes del CIP, con características de altos contenidos de Fe y Zn (Cuadro 1).

La parcela *mamá* fue establecida bajo diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones. Cada unidad experimental tuvo un surco de 3 m de longitud con 15 plántulas aclimatadas.

La distancia de transplante fue de 0.20 m entre plantas y la distancia entre surcos fue de 0.70 m.

Las parcelas *bebé* fueron implementadas en túneles cubiertos por los agricultores, bajo un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

**Cuadro 1.** Genealogía, estado biológico y país de origen de doce clones/líneas de papa del *Centro Internacional de la Papa* (CIP) con alto contenido de Fe y Zn

Nro.	Accesión	Poblacional	Estado biológico	Parental hembra	Parental macho
1	399092.116	B1C5	Línea mejorada	395311.1=(B1C4091.1)	395255.3=(B1C4035.3)
2	399078.11	B1C5	Línea mejorada	395266.3=(B1C4046.3)	395260.8=(B1C4040.8)
3	399067.22	B1C5	Línea mejorada	395257.2	395271.6
4	399004.19	B1C5	Línea mejorada	395309.7=(B1C4-089.7)	395255.3=(B1C4035.3)
5	395112.32	B3C2	Clon avanzado	391686.15	393079.4
6	395017.242	B3C2	Clon avanzado	393085.13	392639.8
7	395017.229	B3C2	Clon avanzado	393085.13	392639.8
8	393382.44	B3C1	Línea mejorada	387205.5	387338.3
9	393083.2	B3C1	Línea mejorada	387315.27	390357.4
10	393073.179	B3C1	Línea mejorada	387015.13	389746.2
11	395445.16	Desconocido	Clon avanzado	BWH-87.415	391894.7 (DXY.7)
12	394611.112	Desconocido	Línea mejorada	780280=(PW-88-6203)	676008 (I-1039)

El experimento se analizó como series de experimentos en localidades, utilizando los *proc GLM* y *Mixed* del programa SAS.

Se aplicó fertilizante mineral con un nivel de 80-120-00 de N-P-K, utilizando como fuentes: fosfato diamónico y urea. La urea se aplicó en el aporque. La fertilización química fue complementada con estiércol de procedencia local (vacuno y/o ovino) en una dosis de 5 t/ha.

**Variables de respuesta.** Se evaluaron las siguientes variables de respuesta: Rendimiento (t/ha) y evaluaciones participativas en cosecha (criterios de los agricultores -as-). Asimismo se realizó la caracterización morfológica y agronómica en la cosecha.

**Análisis estadístico.** El análisis de varianza (ANVA) para cultivares, localidades, años y sus respectivas interacciones, fue realizado utilizando el análisis de series de experimentos (Martínez-Garza 1988) y aplicando el *Proc GLM* del SAS (2004), previa comprobación

de la distribución normal y la homogeneidad de varianzas.

También se realizó una comparación de medias mediante contrastes de un grado de libertad a través del *Proc Mixed* del SAS (2004), para determinar los clones y/o líneas que mejores rendimientos obtuvieron (Figura 1).

El análisis de estabilidad fenotípica se realizó en base al método de Eberhard y Russel (1966), quienes describen como un genotipo deseable, a aquel con una media elevada,  $b_i=1$  y  $S^2_{di}=0$ . Es sin embargo, específicamente la desviación de la regresión  $S^2_{di}$  la cual es utilizada como medida de la estabilidad del genotipo para diversos ambientes.

Molina-Galán (1992), por otra parte, considera como genotipo estable a aquel que tiene un Coeficiente de Regresión igual a la unidad ( $b_i = 1$ ) y consistente aquel que tiene desviación de regresión igual a cero ( $S^2_{di} = 0$ ). Valores de  $b_i$  mayores que la unidad, indican que el genotipo responde bien a ambientes favo-

rables. Por el contrario, si el valor de  $b_i$  es menor que la unidad, indica que tal genotipo se comporta bien en ambientes desfavorables. Por otra parte, valores de la desviación mayores a cero indican inconsistencia.

## Resultados y discusión

### *Evaluación participativa*

Se observó que en Utavi los agricultores y técnicos seleccionaron a los clones 395017.229, 395112.32, 393382.44 y 399067.22 (todos estables). Los criterios de selección fueron mayor rendimiento, elevado número de tubérculos y mayor número de ojos (mayor número de brotes) y color de piel oscura (asociado a mayor sabor).

En la localidad de Jacha, fueron seleccionados los clones 393073.179, 393382.44 y 394611.112, por su mayor precocidad (4 meses y 10 días) y el clon 399092.116, por el mayor número de tubérculos/planta. Es interesante que el criterio de selección en esta localidad no fuera el rendimiento.

En El Paso y Ñacoca, el criterio de selección fue el color de piel y la uniformidad del tamaño de tubérculos. El color de piel crema y blanco, está asociado a la presencia de verdeo en los tubérculos y, por tanto, fueron descartados.

Los clones 393073.179, 393083.2, 393382.44, 394611.112, 399004.19, 399078.11, 399092.116 y 395112.32 fueron seleccionados por presentar colores de piel rosa, rojo y morado (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Análisis de varianza para rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) de clones de papa evaluados en cuatro ambientes

FV	gl	CM Y( $t/ha$ )
Total	179	
Localidad	3	2.64 ns
Rep (Loc)	10	
Clon	12	0.24 **
Localidad x Clon	36	0.18 **
Error	118	
CV (%)		10.35
R <sup>2</sup>		0.89

Leyenda: CM Y=Cuadrado Medio de rendimiento

El clon 395112.32 fue el que presentó mejores características (mayor rendimiento, mayor número de tubérculos, mayor número de ojos, color de piel rosa) y mayor estabilidad y, por tanto, sería la mejor opción para cualquiera de las localidades.

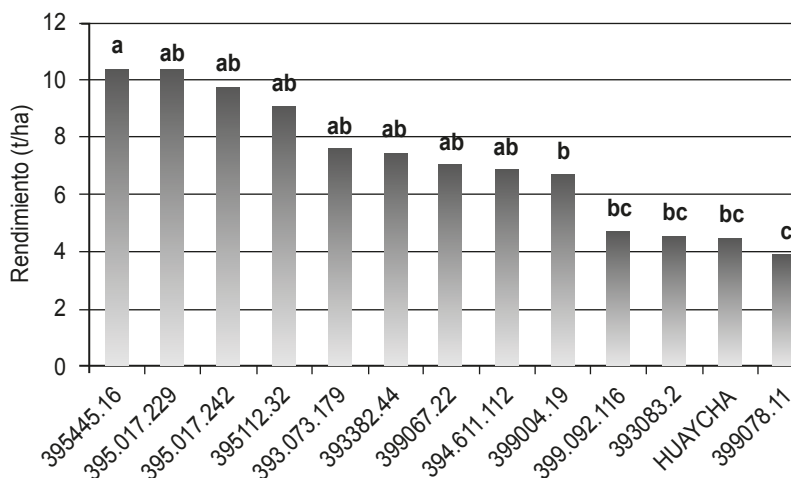
### *Análisis de la interacción genotipo \* ambiente*

El ANVA para rendimiento, indicó que hubo diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) entre clones (Cuadro 2). Esto significa que el rendimiento de al menos un clon/línea fue diferente. Estas diferencias, a su vez, no fueron las mismas en todas las localidades ( $P < 0.01$ ) por lo que se concluyó que hubo localidad \* clon (Cuadro 2).

Hubo clones con estabilidad y otros sin estabilidad. Asimismo, existirían clones consistentes e inconsistentes debido a que la respuesta en rendimiento de los 12 clones a la variación ambiental, no fue la misma. El CV fue de 10.33% e indica que las transformaciones realiza-

das fueron las apropiadas para homogeneizar los datos. Por otra parte, el  $R^2$  fue de 0.89 e indicó que el modelo explicó el 89% de la variación existente. Por tanto, fue un modelo eficiente (Cuadro 2). La comparación de medias de rendimiento (Figura 1), mediante contrastes de un grado de libertad ( $P < 0.01$ ), mostró que el clon 395445.16 obtuvo

mayor rendimiento (10.4 t/ha) que las líneas 399004.19, 399092.116, 393083.2, 399078.11 y la variedad Waych'a (3.9 -6.7 t/ha). Por otra parte, los clones 395112.32, 395017.242, 395017.229, 399067.22, 393382.44, 393073.179 y 394611.112 tuvieron rendimientos intermedios.



**Figura 1.** Medias de rendimiento (t/ha) para doce clones con alto contenido de Fe y Zn evaluados en cuatro localidades junto a la variedad local Waych'a

**Cuadro 3.** Características morfológicas y agronómicas evaluadas a la cosecha en doce clones del CIP (Perú) con elevado contenido de Fe y Zn

Clon	Forma	Tamaño	Color piel	Color pulpa	Profundidad ojos
399067.22	Obl.ach.	Pequeño	Rosa crema	Crema	Superficial
393073.179	Red.ach.	Mediano	Crema c/ojos rosa	Blanco	Semi profundos
399004.19	Oblonga	Pequeño	Roja	Amarillo	Semi profundos
394611.112	Red.ach.	Mediano	Rojo oscuro	Crema	Superficial
393382.44	Red.ach.	Mediano	Roja	Crema	Semi profundos
395017.23	Red.ach.	Mediano	crema	Crema	Superficial
395017.242	Red.ach.	Mediano	crema	Crema	Superficial
399092.116	Oblonga	Mediano	Roja	Crema	Superficial
395445.16	Oblonga	Pequeño	Roja	Blanco	Superficial
393083.2	Oblonga	Mediano	Rosa	Crema	Superficial
399078.11	Red.ach.	Pequeño	Roja	Crema	Superficial
395112.32	Oblonga	Mediano	Rosa	Crema	Superficial

**Leyendas:** Obl, Ach. = Oblongo achatada, Red.ach = Redonda Achatada

La prueba de estabilidad con el método de regresión lineal de Eberhart y Russell (1966), mostró que los clones 399078.11, 399067.22, 393382.44, 393083.2, 394611.112, 395112.32, 395017.242, 395017.229 y 395445.16 fueron estables pero inconsistentes en rendimiento (Cuadro 4).

Los clones 399092.16 y 399004.19 respondieron mejor en ambientes desfavorables y fueron inconsistentes (Cuadro 4). Finalmente, el clon 393073.179 respondió mejor en ambientes favorables pero mostró inconsistencia. La variedad Waych'a fue estable pero inconsistente (Cuadro 4). En todos los clones la  $S^2_{di}$  fue significativamente mayor a 0.

El clon 395017.229 tuvo una mejor estabilidad y rendimiento más alto ( $b_i=1$  y  $S^2_{di}$  diferente de cero). Otro clon interesante fue el 395112.32, el cual presenta un rendimiento alto, una  $b_i=1$  y una  $S^2_{di}$  cercana a 0. Pritts y Luby (1990) sugieren que para muchos rasgos cuantitativos como el rendimiento, no sería deseable genotipos con escasa variabilidad, sino más bien genotipos que respondan positivamente a mejoras en las condiciones ambientales provistas por el agricultor, en lugar de exhibir un desempeño constante.

Eberhart y Russell (1966) mencionan que a pesar de que la estratificación de ambientes ha sido utilizada efectivamente para reducir las interacciones genotipo \* ambiente, es mejor seleccionar genotipos estables que interaccionen menos con los ambientes en los cuales crecen. En la mayoría de países en desarrollo, donde los fondos para investigación son limitados y los agricultores no utilizan habitualmente insumos como fertilizantes para mejorar las condicio-

nes ambientales, una variedad, una vez desarrollada debería servir a muchos agricultores en el país. Excedentes en la producción no serían necesarios porque la industrialización es rudimentaria. Por tanto, una variedad deseable sería todavía aquella cuyo rendimiento es consistente a través de muchas localidades.

Considerando que una variedad estable es aquella cuyo comportamiento relativo a un ambiente es consistente y/o predecible, significaría que aquellos genes que afectan el rasgo en cuestión y la expresión relativa al ambiente, serían similares a los de una variedad local (Ngeve y Bouwkamp 1993). En el presente caso, los genes que afectan el rendimiento y la expresión relativa en los cuatro ambientes, para los clones estables 395017.229 y 395112.32, serían similares a los genes de la variedad Waych'a. Así se podría presumir que una variedad inestable contiene genes que son activados de manera diferente en un ambiente distinto.

Esta situación se puede visualizar si se tiene un genotipo portador de una tolerancia específica a un patógeno dado, que se presenta ocasionalmente en un ambiente, y de una susceptibilidad específica a un segundo patógeno también de presencia ocasional en un ambiente dado. Tal variedad sería casi por seguro considerada inestable por la respuesta diferencial a los patógenos en ambientes diferentes.

Los genotipos inestables son probablemente inusuales pero podrían proveer germoplasma útil para la introgresión de genes deseables, aún cuando no sean exitosos como variedades (Ngeve y Bouwkamp, 1993).

**Cuadro 4.** Parámetros de estabilidad: Coeficiente de estabilidad ( $b_i$ ), desvío de regresión ( $S_{di}$ ) e índices ambientales (i) e interpretación de los parámetros para doce clones diploides de papa con elevado contenido de Fe y Zn

Clon	Rendimiento promedio (t/ha)	$b_i$	Desvío de Regresión $S_{di}^2$	Interpretación
393073,179	7.62	2,024*	0,966**	Responde mejor en buenos ambientes e inconsistente
393083,2	4.55	1,039ns	4,082**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
393382,44	7.45	1,999ns	21,680**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
394611,112	6.84	1,503ns	2,366**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
395017,229	10.11	1,206ns	3,070**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
395017,242	9.76	1,441ns	4,537**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
395112,32	9.10	1,255ns	1,650**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
395445,16	10.39	1,831ns	9,466**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
399004,19	6.70	0,204*	2,326**	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
399067,22	7.02	0,293ns	4,812**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
399078,11	3.87	0,029ns	7,443**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente
399092,116	4.69	-0,118*	5,626**	Responde mejor en ambientes desfavorables e inconsistente
Waych'a	4.48	0,293ns	8,173**	Buena respuesta en todos los ambientes, pero inconsistente

En el caso del presente trabajo, los clones 399092.116 y 399004.19 inestables, fueron los que mejor respondieron en ambientes desfavorables.

El clon 399092.116 tuvo un alto rendimiento en El Paso, que era la localidad con la menor altitud (2540 msnm).

El clon 399004.19 rindió mejor en los ambientes desfavorables de El Paso y Utavi (4200 msnm). En Utavi se observó incidencia de gorgojo (*Premnotrypes* spp.). El clon 399004.19 respondería

bien en ambientes contrastantes en altura.

En general, se puede decir sobre estos dos clones, que no es que hayan respondido excelentemente en ambientes desfavorables, sino más bien que no respondieron favorablemente en ambientes favorables. Su desempeño en general fue constante y de escasa variabilidad. No mostraron respuesta positiva a mejoras en las condiciones ambientales.

Por otra parte, el clon 393073.179, mostró el mejor desempeño en el ambiente más favorable (La Paz) y el peor desempeño en el ambiente más desfavorable (Utavi). Este clon sería ideal solo para ambientes favorables.

En el caso de La Paz, los suelos eran drenados, de buena fertilidad y alta capacidad productiva. Los parámetros de estabilidad son útiles para identificar tanto potencialmente valiosos parentales como para identificar variedades exitosas (Ngeve y Bouwkamp, 1993).

## Conclusiones

- Los clones 395017.229 y 395112.32 tuvieron las mejores estabilidades y rendimiento más alto.
- El clon 399004.19 rindió mejor en los ambientes desfavorables de El Paso y Utavi, lo que indicaría que este clon respondería bien en ambientes contrastantes en altura.
- En Utavi los agricultores y técnicos seleccionaron a los clones 395017.229, 395112.32, 393382.44 y 399067.22 (todos estables). Los criterios de selección fueron mayor rendimiento, elevado número de tubérculos y mayor número de ojos y color de piel oscura.
- En Jacha, fueron seleccionados los clones 393073.179, 393382.44 y 394611.112, por su mayor precocidad y el clon 399092.116, por el mayor número de tubérculos/planta.

## Referencias citadas

- Bejarano-Rojas, J., Canto-Retamozo, R., Olivera-Hurtado, E., Scurrah, M., De Haan, S., Quispe-Escobar, V., Soto-Ataypoma, J., Díaz, L. 2009. Selección participativa de clones avanzados de papa resistentes a rancho con método *mamá & bebé* en Huancavelica, Perú. *Revista Latinoamericana de la Papa* 15(1):46-51.
- Coca, C. 2006. Evaluación y selección participativa de genotipos de papa resistentes al tizón (*Phytophthora infestans*) con usuarios de la cadena agroalimentaria Prov. Carrasco (Chullchung'ani). Tesis Ing. Agr. FCAyP-UMSS. Cochabamba, Bolivia. 83 p.
- Eberhart, S., Russell, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40. España. 526 p.
- Ferreira, D., García, B., Manly, B., Almeida, A., Vencovsky, R. 2006. Modelos estadísticos en la agricultura: Métodos biométricos para la estabilidad fenotípica en mejoramiento. *Cerne-Lavras.* 12:373-388. Lavras, Brasil.
- Fonseca, C., De Haan, S., Salas, E., De Mendiburu, F. 2010. Guía de evaluación y recolección de datos: Metodología *mamá & bebé* para la selección participativa de variedades. Centro Internacional de la Papa (CIP), Red Latín Papa, Lima (por publicarse).
- Gabriel, J., Vallejos, J., Coca, C., López, J., Escobar, F., Villarroel, E., Villarroel, J. 2008. Agricultores generan sus propias variedades de papa en colaboración con los fitomejoradores de PROINPA: Una experiencia exitosa en Morochata, Bolivia. *Revista de Agricultura (Bolivia)* 42 (60): 26-30.
- González, M. 2001. Interacción genotipo x ambiente en guisante proteaginoso (*Pisum sativum* L.). Tesis doctoral. Departamento de Producción Vegetal y Silvopascicultura. Universidad de Valladolid. Valencia, España. 272 p.

- Martínez-Garza, A. 1988. Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría. Trillas, México D.F., México. 756 p.
- Molina-Galán, J. 1992. Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa: Algunas implicaciones en Genotecnia. AGT, México D.F., México. 349 p.
- Ngeve, J., Bouwkamp, J. 1993. Comparison of statistical methods to assess yield stability in sweetpotato. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 118:304-310.
- Pritts, M., Luby, J. 1990. Stability indices for horticultural crops. HortScience 25:740-745.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT Users Guide, Version 9.2. Fourth Edition, Vol. 2, SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Urbina, R., Quemé, J., Melgar, M. 2007. Mejoramiento de cultivos para valor nutricional: Modelos de estabilidad aplicados en la agricultura. CENGL-CAÑA.
- Yan, W., Kang, S. 2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC. Printed in EEUU. pp. 1-19.

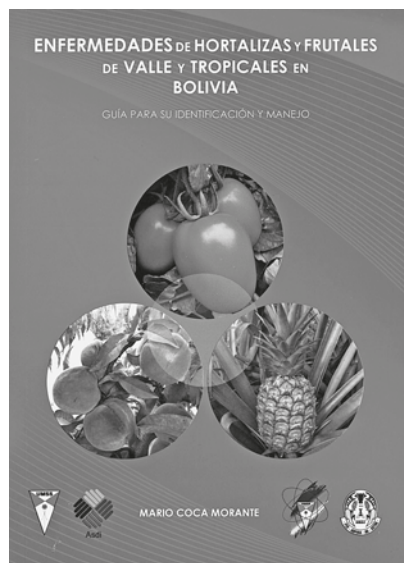
Trabajo recibido el 27 de octubre de 2014 - Trabajo aceptado el 4 de noviembre de 2014

### **Agradecimiento:**

*Esta investigación se realizó con ayuda financiera de la Comisión de la Unión Europea a través del FIDA y el apoyo técnico del CIP al Proyecto IssAndes.*

*Las opiniones expresadas en el mismo no reflejan necesariamente la opinión oficial de la "Comisión de la Unión Europea".*

## **Libros destacados de reciente publicación:**



**Autor:** Ing. Agr. Mario Coca Morante

**Fecha de publicación:**

Diciembre de 2014

**Descripción general:**

Documento descriptivo con información de más de 60 enfermedades de las principales especies hortalizas y frutícolas de zonas de valle y trópico de Bolivia.

**Mayores referencias:**

Laboratorio de Fitopatología (FCAYP - UMSS)

agr.mcm10@gmail.com

# Identificación fenotípica y evaluación morfométrica de plantales de cuyes introducidos al Centro MEJOCUY

Elizabeth Rico; Claudia Rivas

*Centro MEJOCUY - UMSS*

*E mail: mejocuy@hotmail.com*

**Resumen.** La caracterización morfológica y zoométrica, en cuyes, es importante debido a que la identificación de recursos genéticos, constituye un primer paso hacia su conservación y protección. Los objetivos fueron: describir las características morfométricas y fenotípicas en las líneas AUQUI, San Luis, Rosario y Perú, determinar diferencias morfológicas entre machos y hembras y determinar la relación de variables morfométricas y fenotípicas. Se empleó un diseño completamente aleatorio para variables continuas, y distribución de Poisson, multinomial y binomial para variables cualitativas. El 100% de los animales presentaron cuerpo en forma de paralelepípedo. La presencia de roseta en la cabeza, mostró diferencias altamente significativas lo cual indica que en algunas líneas hay predominancia de roseta más que en otras; el color de orejas fue oscuro en mayor proporción y 100% caídas. El color de ojos, orejas y párpados, presentaron variaciones similares en las cuatro líneas estudiadas. Por consiguiente las líneas: AUQUI, San Luis, Rosario y Perú, presentan morfometría similar para las variables en estudio. Se encontraron diferencias entre sexos, a favor de los machos. Fenotípicamente, las cuatro líneas, muestran diferencias de coloración de pelaje, que está gobernado por pocos genes y la selección lleva rápidamente a la homocigosis para algunos rasgos externos.

**Palabras clave:** *Cavia aperea porcellus*; Caracterización Zoométrica; Variabilidad

**Abstract. Phenotypic identification and morphometric assessment of guinea pigs stocks introduced to MEJOCUY Center.** The production rates of guinea pigs, the morphological and zoometrical characterization is extremely important, because of the identification of genetic resources, being a first step towards their conservation and protection. The proposed objectives for this study were: to describe the morphometric characteristics in the lines *AUQUI, San Luis, Rosario and Peru*, additionally to characterize them phenotypically, to determine morphological differences between males and females, and to determine the relation of the morphometric and phenotypic variables. A completely randomized design was used for continuous variables, and distribution of Poisson, multinomial and binomial for the other characteristics. The 100% of the animals showed parallelepiped body. The presence of rosette in the head showed highly significant differences which indicates that in some lines there is a larger predominance of rosette than in others; the color of ears was dark in greater extent and also 100% drooping. The color of eyes, ears and eyelids, had similar changes in the four lines studied. In general, the features have not shown interline significant changes, therefore, the lines: *AUQUI, San Luis, Rosario, and Peru* have a similar morphometry for the variables under study. Differences were found between genders, in favor of males respect to females. Phenotypically, the lines *AUQUI, San Luis, Rosario, and Peru*, show differences in coloration of fur, since they are governed by a few genes and the selection quickly leads to homozygosity for some external features.

**Keywords:** *Cavia aperea porcellus*; Zoometrical Characterization; Variability

## Introducción

El Proyecto MEJOCUY, se ha constituido en un banco base y único de la especie *Cavia aperea porcellus*. Su plantel estaba establecido principalmente por las poblaciones *Nativa Boliviana*, *MEJOCUY* y *Tamborada*. Actualmente, cuenta con ejemplares de las líneas *San Luis*, *AUQUI*, *Rosario* y *Raza Perú*, introducidas del Ecuador, en el año 2008, con el fin mejorar la disponibilidad de genotipos, índices productivos y evitar la consanguinidad de los planteles ya existentes.

Para aumentar los índices productivos de los cuyes, como animales productores de carne, se debe obtener un biotipo animal adaptado a las peculiaridades de su ambiente, y que responda a las exigencias del mercado.

En la búsqueda de estos animales, la caracterización morfológica y zoométrica, es de extrema importancia, debido a que la identificación de recursos genéticos en los animales, constituye un primer paso hacia su conservación y protección. La ausencia de una definición de identidad de planteles locales e introducidos, los hace susceptibles a la pérdida de un acervo genético.

La morfometría se constituye en una valiosa herramienta para la clasificación de poblaciones, debido a que los tipos de cuyes pueden presentar diferencias en cuanto a sus estructuras anatómicas y su estudio permitirá definir la constitución de cada plantel.

Para realizar mejora genética hacia el carácter más conveniente para las diferentes regiones de Bolivia, se debe conocer previamente la caracterización

morfológica y las diferencias que guardan las líneas, lo cual permitirá determinar los estándares de los planteles introducidos para poder relacionar posteriormente.

En la presente investigación se procedió a realizar el registro, identificación fenotípica y la evaluación de medidas morfométricas, de cuatro planteles de cuyes procedentes del Ecuador, con la finalidad de determinar y describir los genotipos disponibles, la variación fenotípica entre sexos y entre planteles, a través de caracteres morfométricos, lo cual servirá para futuros planes de mejoramiento y conservación de los recursos zoogenéticos.

En este sentido, los objetivos del trabajo se enfocan en describir las características morfométricas en las líneas *AUQUI*, *San Luis*, *Rosario* y *Raza Perú*, además de caracterizarlas fenotípicamente, determinar las diferencias morfológicas entre machos y hembras para las variables morfométricas y fenotípicas y finalmente determinar la relación de las variables morfométricas y fenotípicas en los planteles estudiados.

El cuy se encuentra diseminado a nivel mundial como animal de laboratorio, excepción hecha de los países del área andina: Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, donde el cuy se explota como animal de granja, para la producción de carne, encontrándose poblaciones regionales y biotipos con características propias (Calero Del Mar, 1978).

Los cuyes mejorados, según su conformación corporal, son del Tipo A, caracterizados por ser animales paralelepípedos, productores de carne, temperamento tranquilo (Arroyo, 1986). Chauca (1997) complementa que este tipo de

cuyes tienen una conformación enmarcada, mayor grado de desarrollo muscular y buena conversión alimenticia.

Rico y Rivas (2004), clasifican a los cuyes por la forma y longitud del pelaje en seis tipos. Al respecto Aliaga (1975), indica que los cuyes con pelo lacio y corto, presentan mejor rendimiento en peso. Los cuyes poseen una gran variedad de coloraciones de pelaje simples y combinaciones de colores en el pelaje (Arroyo, 1986). Los simples lo constituyen pelajes de un solo color y el pelaje compuesto formado por dos o más colores (Zaldivar, 1976). Aliaga (1975), indica que existe una relación marcada entre el color de pelo y color de piel, ya que a pelajes oscuros corresponde pieles oscuras, y a pelajes claros pieles claras, por lo tanto la piel del cuy criado con fines cárnicos debe ser blanca. La tendencia es producir animales de pelaje claro, característico de las líneas *San Luis* y *AUQUI*.

Chauca (1997), indica que el tipo de oreja dominante, en cuyes de líneas mejoradas, por lo general son caídas. La tendencia en mejoramiento es seleccionar animales con ojos negros, además de ser una característica dominante, ya que según Aliaga (1975), después del destete, las crías de ojos negros compiten con ventaja, alcanzando a la saca, pesos altamente superiores a los de ojos rojos.

## Materiales y métodos

La presente evaluación, se llevó a cabo en las instalaciones del Proyecto MEJOCUY, ubicado en la ciudad de Cochabamba, a una altitud de 2550 msnm, temperatura promedio de 16.5°C, precipitación anual de 450 mm/año, hume-

dad relativa del 50% y clima seco. La región se clasifica como de bosque seco premontano bajo.

**Material biológico:** Para la caracterización fenotípica y morfométrica, se utilizaron las líneas *San Luis*, *AUQUI*, *Rosario* y *Raza Perú*, introducidas del criadero de cuyes AUQUICUY de Salinas (Ecuador), el año 2008, en un total de 101 cuyes hembras y 70 machos, de 55 a 65 días de edad, con un peso vivo de 1250 a 1300 g.

**Medición morfométrica:** Las mediciones morfométricas se realizaron en cuyes machos y hembras, en edad adulta. Se basaron en medidas cavimétricas descritas por Calero Del Mar (1978).

**Descripción fenotípica:** Para la descripción fenotípica se utilizaron los mismos animales empleados en la medición morfométrica; para esta caracterización se consideró las variables y niveles fenotípicos del descriptor de caracteres cualitativos, realizado en el Centro MEJOCUY.

**Diseño experimental:** El diseño experimental se estructuró en 8 tratamientos; se consideró 171 cuyes como unidad experimental, y a cada animal como unidad de muestreo. Se aplicó un diseño completamente aleatorio con datos desbalanceados; considerando al sexo y a la línea o raza, como los factores principales.

**Variables de respuesta de las mediciones morfométricas:** Largo de cabeza, ancho de cabeza, espesor al centro de la frente, espesor al morro, ancho de tórax, alto de tórax, largo de tórax, largo de cuerpo, perímetro torácico, perímetro abdominal, alto de grupa y largo de grupa.

**VARIABLES DE RESPUESTA PARA LA DESCRIPCIÓN FENOTÍPICA:** Tipo de cuerpo, tipo de pelo, presencia de roseta en la cabeza, tipo de oreja, color de ojos, color de orejas, color de párpados, color de pelo, número de dedos y tamaño de oreja.

Las variables de respuesta tipo de cuerpo, presencia de roseta en la cabeza, tipo de oreja, color de ojos, son variables porcentuales que siguen una *Distribución Binomial*, por tanto, se analizaron con el procedimiento PROC GENMOD del paquete estadístico SAS® versión 8.0.

Todas las variables morfométricas tienen respuesta cuantitativa, que sigue una *Distribución Normal*; estos datos se analizaron con el análisis de varianza, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varian-

zas, de acuerdo a la teoría de los modelos lineales generales, mediante el procedimiento (PROC GLM) del SAS®.

Las variables de respuesta tipo de pelo, color de orejas, color de párpados y color de pelo, son variables cualitativas nominales que tienen más de dos niveles de respuesta; por tanto, siguen una *Distribución Multinomial*. Estos datos se analizaron con el procedimiento PROC CATMOD del paquete SAS®.

La variable de respuesta número de dedos por miembro, es una variable discreta, que sigue una *Distribución de Poisson*, por tanto, estos datos se analizaron con el estadístico de Wald, de acuerdo a la teoría de modelos lineales generalizados, mediante el procedimiento PROC GENMOD del paquete estadístico SAS®.

### *Algunas características morfométricas consideradas*



Largo de cabeza



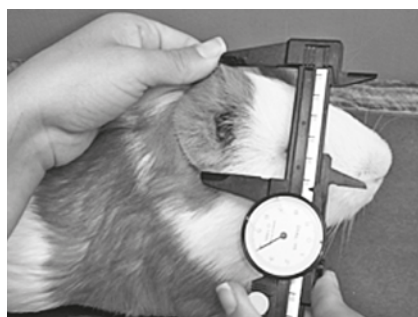
Ancho de cabeza



Espesor del hocico



Ancho del tórax



Largo de oreja

## Resultados y discusión

### Características morfométricas

Los caracteres morfométricos son herramientas valiosas para el estudio del fenotipo del cuy, puesto que permiten diferenciar poblaciones y tipos de cuyes, por lo cual constituyen un elemento auxiliar para el mejoramiento de la especie, ya que estos índices están ligados con algunas características productivas deseables.

El análisis de varianza para los caracteres morfométricos, siguen una *Distribución Normal*, en general las variables morfológicas en estudio no han mostrado variaciones significativas interlineales de los caracteres (Cuadro 1), por consiguiente las líneas presentan características morfométricas similares para todas las variables en estudio, lo cual es de esperar, puesto que los caracteres morfométricos no están influenciados por factores ambientales, y su manifestación no varía de una generación a otra.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza para las características morfométricas de las líneas AUQUI, San Luis, Rosario y Raza Perú

Variable	Pr>F línea	Pr>F Sexo	Pr>F línea * Sexo
Largo de cabeza	0,1515	<.0001	0.7360
Ancho de cabeza	0.7864	0.0303	0.0561
Espesor al centro de la frente	0.0322	<.0001	0.0888
Espesor del hocico	0.1587	<.0001	0.0651
Ancho del tórax	0.1098	0.1429	0.5883
Alto del tórax	0.9177	0.1212	0.9713
Largo del tórax	0.0335	0.0024	0.0573
Largo del cuerpo	0.0155	0.3363	0.0201
Longitud del radio y cúbito	0.6015	0.0036	0.4256
Longitud del húmero	0.3128	0.6637	0.7899
Longitud de la tibia	0.1007	0.0337	0.5754
Perímetro torácico	0.7267	0.0460	0.5029
Perímetro de la cabeza	0.8982	<.0001	0.1447
Perímetro abdominal	0.3162	0.8471	0.0196
Alto de la grupa	0.0374	<.0001	0.9932
Largo de la grupa	0.0180	0.0001	0.0068
Ancho de la oreja	0.1977	0.0045	0.5397
Largo de la oreja	0.0226	0.6918	0.5125

### ***Características fenotípicas***

Los caracteres cualitativos externos, visibles y mensurables, permiten agrupar los individuos en grupos de fenotipo similar. Al respecto Arroyo (1986), indica que este agrupamiento de individuos en clases distintas, puede tener o no, conexiones intermedias, puesto que en general estos caracteres están gobernados por pocos genes y no muestran acción del medio ambiente que pueda modificar a corto plazo su expresión fenotípica. Estas características, en general, presentan relaciones mendelianas y su segregación se puede explicar por estos principios.

Los caracteres fenotípicos presentan marcadas diferencias de una población a otra, puesto que precisamente están gobernados por pocos genes y la selección lleva rápidamente a la homocigosis para algunos rasgos externos como el color del pelaje, por ejemplo.

### ***Tipo de cuerpo y pelo***

El 100% de los animales presentaron el tipo de cuerpo en forma de paralelepípedo, lo cual está asociado a la mejora genética aplicada en estas líneas en sus lugares de origen. Chauca (1997), indica que esta forma corporal es deseable en producción, puesto que se asocia a una mayor masa muscular y por ende mayor producción de carne. Por otra parte, Cahill (1995), demostró que el tipo anguloso de cuerpo corresponde a los cuyes nativos bolivianos. En general, las líneas presentaron pelaje corto y lacio, lo cual es el resultado de la selección en estas líneas, que con el transcurso de las generaciones de mejora, ha fijado un fenotipo característico que se distingue por el tipo y coloración del pelaje.

### ***Presencia de roseta en la cabeza, tipo de oreja, color de oreja y ojos***

La presencia de roseta en la cabeza, muestra diferencias altamente significativas para la prueba de *Chi – Cuadrado* entre las líneas, lo cual indica que en algunas líneas hay mayor predominancia de roseta que en otras. Al respecto Wagner (1967) citado por Rodríguez (2006), indica que esta característica radica en un *locus* denominado *locus Roughness* cuya traducción es “revolto-so” y depende de cuatro genes mayores: R, M, Re y St, aunque existe una gran variación de este *locus*, asociada al ambiente. El gen dominante R (rough) es necesario para cualquier desorden en el pelo. Se ha observado que este *locus* está presente en pequeña proporción en el *pool* génico de las poblaciones estudiadas.

En cuanto al color de orejas, la mayor proporción corresponde a las orejas oscuras y en menor cantidad las orejas combinadas. En la línea *San Luis*, se aprecia que a pesar de la uniformidad del manto (color blanco), predomina el color oscuro de las orejas, lo cual puede estar influenciado por factores ambientales externos (temperatura, condiciones climáticas) o bien por factores internos propios del animal (aspectos fisiológicos u hormonales).

El tipo de oreja en los cuatro planteles fue 100% caída, lo cual muestra que los planteles que se manejan en Ecuador son completamente domésticos y llevan un mayor tiempo de proceso de mejora genética, puesto que son las variedades nativas de Bolivia aquéllas que mantienen la oreja erecta, indicio de sus antepasados silvestres.

El color de ojos no presentó diferencias entre poblaciones, lo cual es de esperar, puesto que es un carácter de tipo cualitativo, asociado principalmente al albinismo o ausencia de pigmento.

### **Color de pelo**

En general, en los cuatro planteles en estudio, predominan los colores claros, blanco uniforme en la totalidad de los cuyes de la línea *San Luis*; bayo y blanco en menor proporción en la línea *AUQUI* y café claro con menor predominancia del café oscuro en la línea *Rosario* y *Raza Perú*. Astete (1976) citado por Arroyo (1986), en un ensayo para determinar la influencia del color de pelo en el peso al nacimiento, destete y 13 semanas de edad (saca), encontró que cuyes de pelo blanco, colorado y mezclados claros, tuvieron pesos significativamente superiores que los de manto plomo y oscuro en general.

La línea *AUQUI* y la *Raza Perú* presentan animales con coloración de pelaje 100% combinada. Los cuyes de la línea *San Luis* son 100% blancos y los cuyes de la línea *Rosario* presentan uniformidad de color en menor proporción.

En cuanto al número de dedos por pata, se tiene cuatro para las patas de adelante y 3 para las patas de atrás. En general se observa que no existe polidactilia en las poblaciones en estudio. Aliaga 1976, citado por Calero del Mar (1978), indica que no debe tomarse en cuenta esta característica como factor de selección.

### **Conclusiones**

- Las características morfológicas en estudio, no han mostrado variaciones significativas interlineales, por

consiguiente las líneas: *AUQUI*, *San Luis*, *Rosario* y *Raza Perú*, presentan características morfométricas similares para todas las variables en estudio. Se encontraron diferencias entre sexos, con valores mayores para todas las variables, a favor de los machos respecto de las hembras.

- Fenotípicamente, las líneas *AUQUI*, *San Luis*, *Rosario* y *Raza Perú*, muestran diferencias a nivel de coloración de pelaje. Las variables color de ojos, orejas y párpados, presentaron variaciones similares en las cuatro líneas estudiadas.
- A diferencia de los caracteres morfométricos que no presentan diferencias entre líneas, lo cual es de esperar, puesto que difieren muy poco en todos los animales estudiados, los caracteres fenotípicos presentan marcadas diferencias de una línea a otra, puesto que están gobernados por pocos genes y la selección lleva rápidamente a la homocigosis para algunos rasgos externos, como el color del pelaje, por ejemplo.
- El tipo de pelo en la línea *AUQUI* registró un 98% (49 de 50 animales) de pelaje corto y lacio. Las líneas *Rosario*, *San Luis* y *Raza Perú*, presentaron pelaje corto y lacio en su totalidad, lo cual es el resultado de la selección en estas líneas que con el transcurso de las generaciones de mejora, ha fijado un fenotipo característico que se distingue por el tipo y coloración del pelaje.

## Referencias citadas

- Aliaga, L. 1975. Descripción del cuy (*Cavia cobayo*). Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo, Perú.
- Aliaga, L. 1978. Producción de cuyes. Universidad Nacional del Centro de Perú. Huancayo, Perú.
- Arroyo, B. 1986. Avances de investigación sobre cuyes en el Perú. Programa Nacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. INIPA. Lima, Perú.
- Cahill, J. 1995. Descripción fenotípica del cuy Nativo Boliviano. UMSS. Tesis Biología. Cochabamba, Bolivia.
- Calero Del Mar, B. 1978. El cuy, introducción a la cavicultura. 1ra. Ed. Ediciones Agronómicas. Edit. Garcilaso. Cusco, Perú.
- Chauca, L. 1997. Manual FAO para la crianza de cuyes. FAO. Roma, Italia.
- Rico, E., Rivas, C. 2004. Manual de procedimientos para auxiliares de investigación del Proyecto MEJOCUY. Publicación Proyecto MEJOCUY. UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Rodríguez, T. 2006. Variación del Pelaje de la Población Variabilidad del Proyecto MEJOCUY. Publicación Proyecto MEJOCUY. UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Zaldivar A. 1976. Crianza de cuyes y generalidades. Primer curso nacional en Huancayo. Departamento de publicaciones de la UNCP. Perú.

*Trabajo recibido el 22 de octubre de 2014 - Trabajo aceptado el 13 de noviembre de 2014*

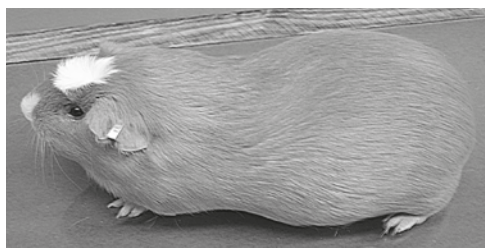
### *Ejemplares de las líneas en estudio*



**San Luis**



**AUQUI**



**Rosario**



**Raza Perú**

## Carbono almacenado de especies forestales nativas en sistemas agroforestales en el Valle del Sacta, Cochabamba

Edwards Sanzetenea<sup>1</sup>; Marco Veizaga<sup>2</sup>; Fimo Alemán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Docente ESFOR/UMSS; <sup>2</sup> Tesista ESFOR/UMSS; <sup>3</sup> Investigador FCAPyF/UMSS

E mail: e.sanzetenea@gmail.com

**Resumen.** Desde el año 2002, la Escuela Técnica Forestal, con el Proyecto FOMABO, instaló parcelas agroforestales multi-especies, en propiedades de agricultores en la zona de Valle del Sacta. La investigación ha sido enfocada en cuantificar y comparar el desarrollo que presentan las especies forestales en función al volumen total, además el carbono almacenado, determinado por dos métodos (factor de expansión y por ecuación matemática). Se determinó que el serebó es la especie que presenta el mejor volumen total con 1.2 m<sup>3</sup>, para seis sistemas agroforestales considerados, seguido del tejeyeque con 0,4 m<sup>3</sup>. Para el carbono, la especie que presenta el mayor carbono almacenado, es el serebó con 65 t/ha, seguido del coco con 57 t/ha.

**Palabras clave:** Cambio Climático; Especies Forestales; Plantaciones Mixtas

**Abstract. Carbon storage of native forest species in agroforestry systems in Valle del Sacta, Cochabamba.** Since 2002, ESFOR/UMSS with the FOMABO project installed agroforestry multi-species plots in farmers' properties in the area of Valle del Sacta. The research has been focused on quantifying and comparing the development of forest species based on total volume, plus carbon storage determined by two methods (expansion factor and the mathematical equation). Defining that *serebó* is the species that has the best total volume with (1.2 m<sup>3</sup>), by both the agroforestry system as the six agroforestry systems; therefore it is the best developed followed by *tejeyeque* with 0.4 m<sup>3</sup>. For the carbon storage determined by the methods of expansion factor and by the mathematical equation, the species that has the largest carbon stored is *serebó* with 65 t/ha, followed by Coco for the six agroforestry systems.

**Keywords:** Climate Change; Forest Species; Mixed Plantations

### Introducción

En el año 2003, el Proyecto *Manejo de Bosques Tropicales de Bolivia* (FOMABO), conjuntamente con agricultores del Valle del Sacta, en el trópico de Cochabamba, instalaron parcelas multi-especie, donde las actividades agroforestales a mediano plazo, tienen la perspectiva de elevar el nivel de vida de los agricultores que viven en el medio, a través de estrategias de desarrollo que consisten en buscar la integración de las actividades agrícolas y forestales auto sostenidas, dentro del sistema producti-

vo, aumentando su producción en estas dos áreas importantes del agricultor, conservando los recursos naturales y reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>, como respuesta alternativa al cambio climático.

El presente estudio enfoca la valoración de las especies forestales alternativas del lugar, cultivadas en ensayos de sistemas agroforestales, aplicando técnicas de evaluación y seguimiento del desarrollo, además de la cuantificación del carbono almacenado de las especies, en los distintos sistemas implementados.

Estas acciones promueven las plantaciones mixtas (agroforestales), como alternativas para la productividad y rendimiento de madera, para futuros proyectos enfocados en la captura de carbono, como incentivo a la reducción de los impactos negativos hacia los bosques naturales y como alternativas para el almacenamiento del carbono en la mitigación al cambio climático actual.

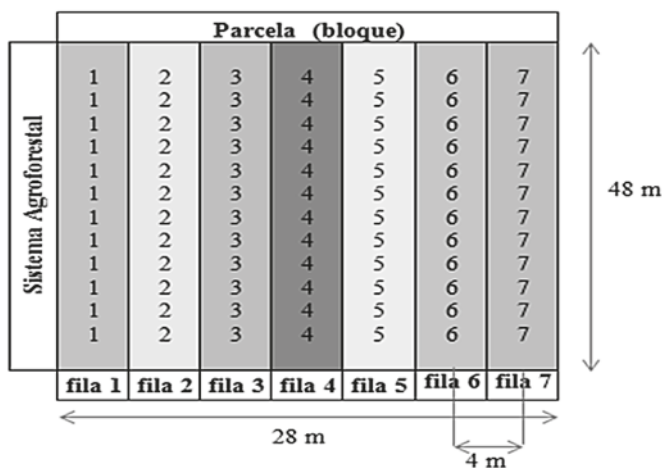
El objetivo general es estudiar el desarrollo, con relación al carbono almacenado, de siete especies nativas arbóreas del trópico, implementadas en diferentes sistemas agroforestales, a través de parámetros dasométricos y modelos matemáticos estimativos, buscando alternativas de manejo y producción con pequeños agricultores, como respuesta al cambio climático en la zona de Valle Sacta; Cochabamba, Bolivia.

## Materiales y métodos

Las parcelas de investigación se encuentran localizadas en la zona de Valle Sacta, dentro del municipio de Valle Ivirza, provincia Carrasco del departamento de Cochabamba, a 223 km de la ciudad capital de departamento.

Geográficamente la zona está limitada por los paralelos 17°31'30" - 17°07'30" de latitud Sud y los meridianos 64°47'10" y 64°31'05" de longitud Oeste, encajonada por los ríos Sacta e Izarsama - Zabala, con elevaciones desde 195 a 250 msnm (Mendoza, 2008).

La Figura 1 detalla la distribución de las especies en siete filas formando una parcela.



1. Verdolago, *Terminalia amazonia* (J.F. Gmel.) Exell.
2. Jorori Colorado, *Swartzia jorori* Harms.
3. Tejeyeque, *Centrolobium ochroxylum* Rose ex Rudd.
4. Serebó, *Schizolobium parahyba* (Vell. Conc.) S. F. Blake.
5. Coco, *Guazuma ulmifolia* Lam.
6. Curupaú, *Anadenanthera colubrina* (Vell. Conc.) Benth.
7. Yesquero, *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze.

**Figura 1.** Diseño de la parcela y distribución de las especies

La distribución de las especies fue aleatoria en las 15 parcelas, en hileras a un distanciamiento de 4x4 entre árboles con una superficie de 1344 m<sup>2</sup> por parcela, combinadas con cultivos como: plátano nuevo, plátano viejo (*Musa paradisiaca*), cacao (*Theobroma cacao*), palmito (*Bactris gasipaes* H.B.K), cítrico-coca-flores (*Citrus* sp., *Erythroxylum coca*) y barbecho.

### **Cálculo de volumen comercial y total**

Para el cálculo del volumen comercial y total de las siete especies forestales, se aplicó la fórmula de área basal de los árboles, utilizando el *Diámetro a la Altura del Pecho* (DAP), como sigue:

$$AB = \frac{\pi}{4} \times (DAP^2)$$

El valor obtenido se multiplica por la altura comercial y total, a su vez por el factor de forma, con un valor de forma de 0.65 para el trópico (propuesto por Russo s.f.).

$$\text{Volumen comercial} = AB * Hc * ff$$

$$\text{Volumen total} = AB * Ht * ff$$

### **Cálculo de biomasa**

El carbono almacenado se determinó por dos métodos, uno por factor de expansión propuesto por Russo (s.f.) y por una ecuación matemática propuesta por Brown (1989) (citado en Dauber, *et al.*, 1999).

El cálculo de la biomasa en el área total de las siete especies forestales, en los distintos sistemas agroforestales, se determinó por el método de factor de expansión, tomando el volumen total multiplicando por la densidad básica

maderable ( $\delta$ ) de cada especie, y por último por el factor de expansión de biomasa (FEB), con un valor de 2.68 para la región pre andina amazónica, como indica Dauber *et al.* (1999), dando como resultado la biomasa aérea total.

$$Bt = \text{Vol.} * \delta * \text{FEB}$$

Para la ecuación matemática propuesta por Brown (citada en Dauber, *et al.* 1999), se determinó la biomasa aérea total en función al diámetro medio (d) y altura media (h), obtenidos de los datos de campo y la densidad básica de la madera ( $\delta$ ) de cada una de las siete especies forestales, que se encuentran en los distintos sistemas agroforestales.

$$Bt = e^{(-2.4090 + 0.9522 \ln (d)^2 * h * \delta)}$$

Obtenidas las biomásas aéreas totales por los dos métodos, a estos valores se les aplicó una transformación de unidades de kilogramos a toneladas.

### **Cálculo del carbono almacenado**

Una vez obtenido el valor de la biomasa aérea total, tanto por el método de factor de expansión como por una ecuación matemática, éste se multiplicó por el factor de 0.5, que es el 50% de materia seca propuesto por Russo (s.f.), dando como resultado el carbono almacenado en t/ha, de las siete especies forestales en los distintos sistemas agroforestales.

$$CBt = Bt * 0.5$$

### **Análisis estadístico**

Para el análisis estadístico, se trabajó con el 95% de fiabilidad, donde se obtuvo un análisis del modelo estadístico y diseño experimental para las variables de respuesta volumen total, carbono

almacenado (dos métodos), el cual fue realizado por el procedimiento *Proc Mixed*, donde este desarrolla el análisis estadístico de acuerdo a la teoría de modelos mixtos, determinado por el programa SAS<sup>®</sup> versión 9.2.

En base al modelo estadístico definido, se obtuvo el ANOVA para probar las hipótesis planteadas, aplicando el diseño experimental de bloques completos al azar en localidades (BCAA<sub>(ambiente)</sub>), no estructurado, con al menos dos repeticiones.

## Resultados

En el Cuadro 1 se observa los volúmenes medios comerciales y totales de las especies forestales, en los distintos sistemas agroforestales, donde el verdolago (*Terminalia amazonia*), jorori colorado (*Swartzia jorori*), serebó (*Schizolobium amazonicum*), coco (*Guazuma ulmifolia*), curupáú (*Anadenanthera*

*colubrina*), yesquero (*Cariniana estrellensis*), presentan mayor volumen comercial y total en el sistema agroforestal “plátano nuevo”, en comparación con los otros sistemas. El tejeyeque (*Centrolobium tomentosum*) reporta mayores volúmenes en el sistema agroforestal “cítrico - coca - flores”.

### **Biomasa aérea total y carbono almacenado**

La biomasa aérea total y el carbono almacenado, se calcularon tanto por sistema agroforestal como para las siete especies forestales nativas en estudio, ambos por los métodos de factor de expansión (FE) y ecuación matemática (EM).

Obtenidos estos valores se interpoló de kilogramos a toneladas, como metro cuadrado a hectárea, para obtener valores con unidades expresadas en t/ha.

**Cuadro 1.** Volúmenes comerciales y totales de las especies forestales de los seis SAF

Especie	SAF palmito		SAF cítrico, coca, flores		SAF cacao		SAF barbecho		SAF plátano nuevo		SAF plátano viejo		Promedio especies	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Verdolago	0.08	0.15	0.06	0.12	0.08	0.15	0.03	0.05	0.17	0.36	0.09	0.19	0.08	0.17
Jorori Colorado	0.16	0.31	0.11	0.24	0.09	0.18	0.01	0.02	0.16	0.32	0.04	0.07	0.09	0.18
Tejeyeque	0.21	0.40	0.30	0.61	0.21	0.37	0.09	0.16	0.27	0.59	0.22	0.41	0.21	0.41
Serebó	0.65	1.39	0.60	1.25	0.57	1.04	0.63	0.99	0.68	1.47	0.47	0.99	0.62	1.21
Coco	0.09	0.14	0.10	0.24	0.16	0.28	0.15	0.26	0.28	0.60	0.23	0.49	0.17	0.35
Curupáú	0.09	0.16	0.06	0.14	0.17	0.31	0.02	0.04	0.26	0.49	0.18	0.50	0.13	0.30
Yesquero	0.15	0.27	--	--	0.13	0.23	0.04	0.07	0.24	0.45	0.11	0.21	0.11	0.20
Promedio SAF	0.20	0.40	0.21	0.43	0.20	0.37	0.14	0.23	0.29	0.61	0.19	0.41	0.20	0.40

**Referencias:** A: Volumen comercial (en m<sup>3</sup>)  
B: Volumen total (en m<sup>3</sup>)

### *Biomasa aérea y carbono almacenado de las siete especies forestales por sistema agroforestal*

La especie que presenta valores mayores, calculados por el método de factor de expansión para los seis sistemas agroforestales, es el serebó con 130.9 t/ha para la biomasa aérea total y 65.4 t/ha para el carbono almacenado, seguido del coco con 114.1 t/ha para la biomasa aérea total y 57.0 t/ha para el carbono almacenado, la especie que presenta valores menores es el jorori colorado con 16.3 t/ha para la biomasa aérea total y 8.1 t/ha para el carbono almacenado.

Para los valores calculados por el método de ecuación matemática, la especie que presenta los mayores valores es el serebó, con 50.9 t/ha para la biomasa aérea total y 25.4 t/ha para el carbono almacenado, seguida del coco con 39.7 t/ha para la biomasa aérea total y 19.9 t/ha para el carbono almacenado; la especie que presenta valores menores es el jorori colorado con 16.3 t/ha para la biomasa aérea total y 8.1 t/ha para el carbono almacenado, como se observa en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Biomasa aérea total y carbono almacenado de las especies forestales en los seis SAF

P SAF	YE	CU	CO	SE	TE	JC	VE	Especie	SAF palmito		SAF cítrico, coca, flores		SAF cacao		SAF barbecho		SAF plátano nuevo		SAF plátano viejo		Promedio especies		
									YE	CU	CO	SE	TE	JC	VE	YE	CU	CO	SE	TE	JC	VE	YE
64.7	72.2	70.8	54.9	11.7	81.6	52.2	109.2	BA FE															
40.0	36.1	35.4	27.4	59.3	40.8	26.1	54.6	CA FE															
30.6	27.4	23.2	21.3	42.4	31.8	22.3	45.6	BA EM															
15.3	13.7	11.6	10.7	21.2	15.9	11.1	22.8	CA EM															
93.2	--	97.1	78.4	119.6	122.8	50.9	90.2	BA FE															
46.6	--	48.5	39.2	59.8	61.4	25.5	45.1	CA FE															
35.5	--	27.4	29.3	48.2	50.3	19.8	38.3	BA EM															
17.8	--	13.7	14.6	24.1	25.1	9.9	19.1	CA EM															
95.2	79.0	110.8	91.8	133.6	88.7	62.5	100.3	BA FE															
47.6	39.5	55.4	45.9	66.8	44.3	31.2	50.2	CA FE															
39.1	33.6	40.7	42.2	54.5	38.0	23.3	41.6	BA EM															
19.6	16.8	20.3	21.1	27.2	19.0	11.7	20.8	CA EM															
73.7	36.2	56.6	123.1	138.8	72.9	23.2	64.9	CA FE															
48.1	24.0	29.0	81.1	102.2	44.9	12.1	43.5	BA EM															
24.1	12.0	14.5	40.5	51.1	22.5	6.1	21.7	CA EM															
65.9	49.4	66.6	68.1	91.1	69.7	56.4	59.6	CA FE															
51.1	39.6	50.6	53.1	10.5	46.8	48.8	48.1	BA EM															
27.6	19.8	39.6	26.6	35.2	23.4	24.4	24.1	CA EM															
74.4	39.7	101.3	117.3	66.6	82.2	28.7	84.9	BA FE															
37.2	19.8	50.7	58.7	33.3	41.1	14.4	42.4	CA FE															
26.2	16.1	35.5	40.2	24.2	28.5	7.9	31.1	BA EM															
13.0	8.1	16.8	20.1	12.1	14.2	4.0	15.6	CA EM															
--	59.7	105.5	114.1	130.9	103.2	53.6	98.6	BA FE															
--	29.8	52.7	57.0	65.4	51.6	26.8	49.3	CA FE															
--	21.4	29.6	39.7	50.9	35.1	16.3	34.1	BA EM															
--	10.7	14.8	19.9	25.4	11.5	8.1	17.0	CA EM															

Referencias: VE: Verdolago; JC: Jorori colorado; TE: Tejeyeque; SE: Serebó  
 CO: Coco; CU: Curupaú; YE: Yesquero;  
 P SAF: Promedio de los SAF (Sistemas Agroforestales)

### ***Propuesta para las intervenciones silviculturales***

En el Cuadro 3, se observa la propuesta de las intervenciones silvícolas generales por sistema agroforestal, con sus respectivas parcelas. Para cada parámetro analizado se requiere de cierta intervención; en el caso del porcentaje de copa y la forma de copa, las intervenciones que se aplicarían son la poda y aclareo de ramas.

El grado de cobertura de copa y el índice de copa son variables de información; en el caso del índice de copa indica si la especie plantada presenta mejor calidad y productividad en la parcela, y en el caso de grado de cobertura de copa indica si la especie presenta mayor consumo energético o no, por el transporte

de nutrientes a lo largo de su copa, por otra parte también indica si presenta o no mayor fotosíntesis por el grado de cobertura que presenta.

Para el manto de copa, la intervención a aplicarse es el aclareo de copa. Para el índice de espacio vital y el grado de esbeltez, la intervención silvicultural es el raleo.

En cada parcela se realizó el análisis para las siete especies forestales, esto quiere decir que si cuatro de las siete especies forestales necesitan alguna intervención, entonces se intervendrían (SI) y si cuatro de las siete especies forestales no necesitarían alguna intervención, entonces no se intervendría (NO).

**Cuadro 3.** Intervenciones silviculturales para las quince parcelas de los seis SAF

Tratamiento silvicultural	Variable	Valor comercial	SAF palmito		SAF cítrico, coca, flores		SAF cacao		SAF barbecho			SAF plátano nuevo			SAF plátano viejo		
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
Poda, aclareo	% de copa	50	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	Forma de copa	0.5	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Variable infor.	Grado cobertura de copa	1.2	+F	+F	-F	-F	+F	+F	+F	+F	-F	-F	-F	-F	-F	-F	-F
	Índice de copa	1	-C	-C	-C	-C	-C	-C	+C	+C	+C	-C	-C	-C	-C	-C	-C
Aclareo, raleo	Índice espacio vital	0.5	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
	Manto de copa	0.5	NO	SI	NO	NO	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
Raleo	Grado de esbeltez	1	NO	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO	NO	NO

## Conclusiones

- El serebó es la especie que presenta el mejor volumen total con 1.2 m<sup>3</sup>, para los seis sistemas agroforestales, seguido de tejeyeque con 0.4 m<sup>3</sup>.
- Para el carbono almacenado, determinado por el método de factor de expansión y por ecuación matemática, el mejor valor es el serebó con 131 t/ha de BT y 65 t/ha de CA por el método FE 51 t/ha de BT y 25 t/ha de CA para el método EM, seguido del coco con 114 t/ha de BT y 57 t/ha de CA para el método FE, 40 t/ha de BT, 20 t/ha de CA, para el método EM.
- Las intervenciones silvícolas, propuestas a aplicarse, son la poda y raleo. Para un 40% de las parcelas se propone una poda y para el 50%

el raleo, en los seis sistemas agroforestales.

## Referencias citadas

- Dauber, E., Terán, J., Guzmán, R. 1999. Estimaciones de biomasa y carbono en bosques naturales de Bolivia. pp. 1, 2, 4. *En línea*: Disponible en: [www.forest.ula.ve/foribam/archivos/DOC2.pdf](http://www.forest.ula.ve/foribam/archivos/DOC2.pdf) Consultado en noviembre de 2013.
- Mendoza, C. 2008. Comportamiento de siete especies forestales tropicales en diferentes sistemas agroforestales buscando alternativas de producción y aumentar los ingresos económicos para los agricultores en la zona de Valle Sacta. ESFOR, FCAyP - UMSS. Cochabamba, Bolivia.
- Russo, R. s.f. Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Universidad Earth Unidad de Carbono Neutro. pp. 3-4. *En línea*: Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/29369907/> Consultado en noviembre de 2013.

Trabajo recibido el 10 de agosto de 2015 - Trabajo aceptado el 6 de septiembre de 2015

## Publicaciones de la ESFOR, Asociación ÁRBOLES y FUTURO:



La Escuela de Ciencias Forestales de la Universidad Mayor de San Simón y la Asociación ÁRBOLES y FUTURO, en el marco del Proyecto *Gestión y Comercialización Sostenible de Plantaciones en los Valles Andinos de Cochabamba*, publicaron los "Informes Finales de Ejecución del Proyecto", documentos que presentan los avances, resultados, aportes silviculturales y el potencial de impacto económico de las plantaciones forestales con la especie pino.

El Proyecto fue ejecutado en el periodo 2010 al 2013 con financiamiento del Cantón de Vaud de Suiza.

Los interesados en los documentos pueden solicitarlos en oficinas de la ESFOR y en "ÁRBOLES y FUTURO".

# Pruebas de eficiencia de la aplicación de mezclas de feromonas e insecticidas para control de la polilla de la papa en almacenes de agricultores

Luis Crespo; Ilich Figueroa

*Fundación PROINPA*

*E mail: l.crespo@proinpa.org*

**Resumen.** La papa es el principal alimento de los pobladores andinos. Su cultivo se ve afectado en su rendimiento y calidad, por diferentes factores, entre los que están las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*, las cuales causan importantes pérdidas a los agricultores, afectando sus papas almacenadas hasta en un 80%, tanto papa consumo como tubérculos semilla. La Fundación PROINPA ha desarrollado una estrategia de *Manejo Integrado para la Polilla de la Papa* en almacén, que se basa en la protección de los tubérculos almacenados con *MATAPOL Plus*®. Recientemente, por su parte, el Centro Internacional de la Papa (CIP) en el Perú, ha desarrollado un producto denominado *Attract and Kill* (mezcla de feromona más insecticida) dirigido al control de la polilla de la papa; este producto fue probado en almacenes de agricultores en los departamentos de Chuquisaca (en coordinación con PMA – MAECH) y Cochabamba, mostrando una alta eficiencia de control, después de cinco meses de almacenamiento.

**Palabras clave:** Pos cosecha; *Phthorimaea operculella*; *Symmetrischema tangolias*

**Abstract. Efficiency tests of applying pheromone mixtures and insecticides for control of potato moth in warehouses of farmers.** The potato is the main food of the Andean people. The crop is affected in performance and quality, by different reasons, among which are the potato moths *Phthorimaea operculella* and *Symmetrischema tangolias*, which cause significant losses to farmers, affecting their stored potatoes up to 80%, both consumption potato and seed potato tubers. The PROINPA Foundation has developed a strategy of *Integrated Management for the Potato Moth* in Warehouses, based on the protection of stored tubers with *MATAPOL Plus*®. Recently, the International Potato Center (CIP) in Peru has developed a product named *Attract and Kill* (pheromone and insecticide mixture) directed for potato moth control; this product was tested in storehouses of farmers in the departments of Chuquisaca (in coordination with PMA – MAECH) and Cochabamba, showing high control efficiency, after five months of storage.

**Keywords:** Post harvest; *Phthorimaea operculella*; *Symmetrischema tangolias*

## Descripción del problema y las acciones realizadas para solucionarlo

La papa es el principal alimento de los pobladores andinos. Su cultivo se ve

afectado en su rendimiento y calidad por diferentes factores, entre los que están las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*, que causan importantes pérdidas a los agricultores, afectando sus papas almacenadas hasta en un 80%,

tanto papa consumo como tubérculos semilla. La pérdida de dicha producción no solo afecta a la economía de las familias, sino también a la seguridad alimentaria, en términos de disponibilidad de alimentos, ya que la familia se queda sin papa para el consumo y sin semilla para la siguiente campaña.

Se han identificado varias estrategias de *Manejo Integrado de Plagas* (MIP) para el manejo de las polillas de la papa, por medio del control del insecto en el campo y durante el almacenamiento.

A menudo, estas estrategias combinan prácticas culturales con el empleo del bioinsecticida *MATAPOL Plus*®.

Las feromonas sexuales son otra herramienta usada para el monitoreo y control de insectos, a través de capturas masivas, usando trampas. Últimamente se viene desarrollando productos formulados en base a mezclas de feromonas con insecticidas, con el propósito de atraer al insecto y matarlo al entrar éste en contacto con el insecticida.

Dado que existen feromonas disponibles para ambas especies de polillas de la papa, el *Centro Internacional de la Papa* (CIP) en el Perú, formuló un producto denominado *Attract and Kill*® para las polillas de la papa, y lo probó a nivel de campo con muy buenos resultados (Kroschel y Zegarra, 2009).

El principal objetivo de este trabajo fue evaluar y validar participativamente la tecnología *Attract and Kill* para el control de la polilla de la papa (*Symmetrischema tangolias*), en almacenes de agricultores, como un componente más de la estrategia de *Manejo Integrado de la Polilla de la Papa* en almacén.

## Logros evidenciados

Dentro del marco del Proyecto IssAndes y en coordinación con PMA – MAECH, en el departamento de Chuquisaca, se evaluó el producto *Attract and Kill* (Figura 1) El ensayo se realizó en dos localidades: Zudañez (comunidad *Sundur Huasi*) e Icla (comunidad *Candelaria*) y en Cochabamba en Anzaldo, en almacenes de agricultores, donde se tiene evidencia de presencia y ataque de la polilla *Symmetrischema tangolias*. Los dos ensayos contaron con la activa participación de las comunidades.

Para fines de comparación entre los almacenes identificados, en algunos se colocó el producto *Attract and Kill* y en otros se trató las papas con *MATAPOL Plus* y un almacén como testigo (sin tratamiento alguno). En todos los casos se colocó trampas con feromonas para realizar el monitoreo de las poblaciones de polillas dentro el almacén.

De la misma forma se instalaron los tratamientos en almacenes de agricultores en el departamento de Cochabamba en la población de Anzaldo, donde se instaló un total de siete almacenes.

Previo a la instalación del ensayo, en almacenes de agricultores colaboradores, se realizó una capacitación sobre la estrategia de *Manejo Integrado de la Polilla de la Papa* en almacén, explicando la importancia de la implementación de cada uno de los componentes de la estrategia.

Para el tratamiento del *Attract and Kill*, la dosis utilizada fue de una gota (100 µl por gota) por cada 4 m<sup>2</sup>, dispuesta en una tapa de gaseosa. En base al tamaño del almacén, se usaron entre 3 a 4 gotas

por cada almacén. La dosis es efectiva por un lapso de 45 días, por lo que se reemplazó en dos oportunidades por una nueva dosis, hasta completar el periodo de almacenamiento (época de siembra).

Al final del periodo de almacenamiento, se realizó la evaluación del daño de la polilla en los tubérculos almacenados, para lo que se tomó de los tubérculos almacenados una muestra al azar de 100 tubérculos, en los cuales se observó la cantidad de tubérculos con daño de polilla. Se realizaron tres repeticiones por cada almacén (300 tubérculos evaluados por almacén), esta evaluación fue realizada conjuntamente con los agricultores de la comunidad y el dueño del almacén.

En la evaluación de los diferentes almacenes del departamento de Chuquisaca, se evidenció presencia de polillas adultas en los almacenes, mediante el uso de trampas con feromonas, en la evaluación de los tubérculos, el porcentaje de tubérculos con daño no fueron mayores al 2%, después de un periodo de almacenamiento de cinco meses, tanto en los tubérculos tratados con *MATAPOL Plus* como en los almacenes donde se colocó el producto *Attract and Kill*.

Los registros del monitoreo de polillas, a través de las trampas de feromonas, muestran que durante las dos primeras semanas de instalar la trampa con el *Attract and Kill*, se atraparon más polillas que de lo acostumbrado (en comparación al monitoreo de la campaña anterior) y con el pasar de las semanas, las polillas fueron desapareciendo.

Estos resultados llamaron la atención de los productores, ya que la práctica y los productos utilizados, parecerían ser una buena alternativa para disminuir la inci-

dencia de polilla en sus almacenes; sin embargo, para asegurar que el producto es o no eficiente, se evaluó el nivel de daño en los tubérculos al final del periodo de almacenamiento. En base a los resultados obtenidos, algunos productores se han referido al producto como "*pilipintu wañuchin*" significando "*el que mata a la polilla*", que es el nombre original pero en la lengua nativa del lugar (quechua).

Por otro lado, también destacaron que *les parece imposible que una gota tan pequeña pueda ser eficiente en controlar esta plaga*, y si resulta exitoso estarían dispuestos a comprarla para las siguientes campañas por la facilidad de uso y grandes ventajas comparadas con los químicos.

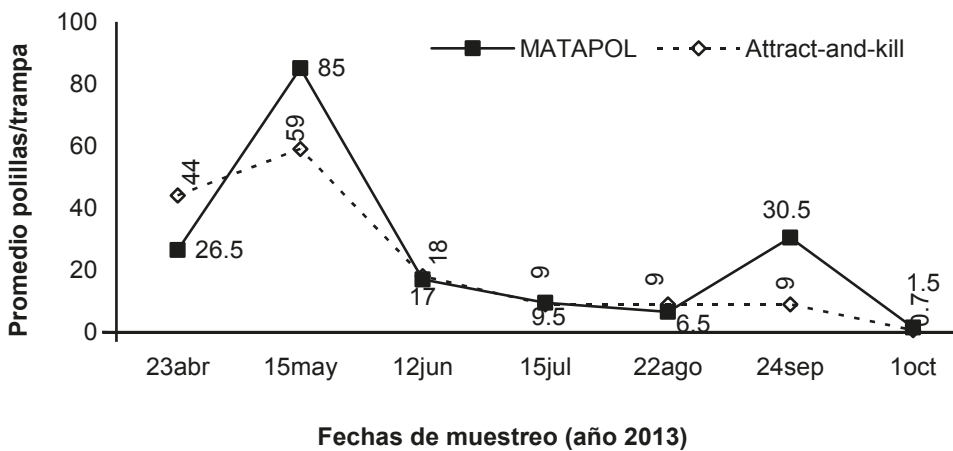
Cabe hacer notar que en estas comunidades, los agricultores ya no almacenaban papa debido al problema de la polilla de la papa en almacén, de ahí que surgieron comentarios de los agricultores, dueños de los almacenes, referidos a *que si no hubieran hecho el tratamiento ya sea con MATAPOL Plus o el Attract and Kill, acompañadas de las prácticas de la estrategia, seguro que no hubieran tenido papa ni para comer*.

En el departamento de Cochabamba se implantó un ensayo similar en siete almacenes de agricultores, quienes mencionaron tener problemas con la polilla de la papa en almacén. En tres almacenes se trató las papas con *MATAPOL Plus* y en tres almacenes se colocó el producto *Attract and Kill*, y en un almacén se colocó solo trampa con feromona. Para la evaluación se procedió usando la misma metodología usada en Chuquisaca.

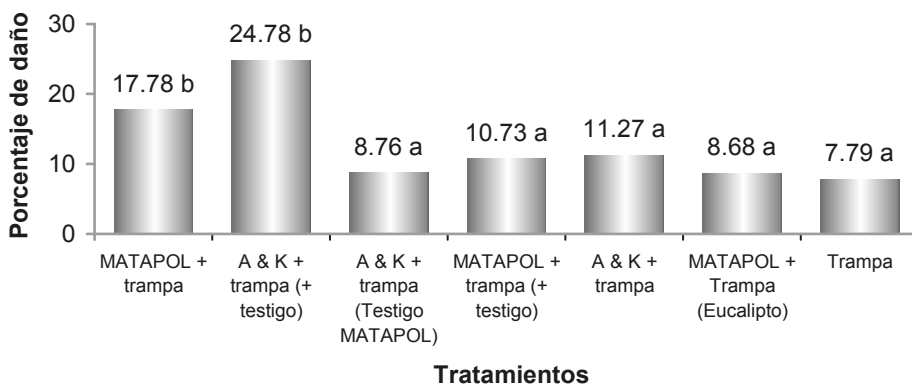
Después de cinco meses de almacenamiento, los daños observados en los almacenes donde se utilizó *MATAPOL Plus* y *Attract and Kill*, van entre 8% y 11%, a excepción de dos almacenes donde los daños fueron de 18% para el tratamiento con *MATAPOL Plus* y 25% en el tratamiento con *Attract and Kill*, esto debido a que en estos almacenes no se realizó la selección de tubérculos previa al tratamiento (actividad importante dentro la estrategia de *Manejo Integrado de la Polilla de la Papa* en almacén), resultados que fueron significativamente diferentes al de los otros

almacenes como se observa en la Figura 2. Estos resultados muestran que el producto *Attract and Kill* tiene igual eficiencia de control que el *MATAPOL Plus*, usado adecuadamente y siguiendo la recomendación de la estrategia de *Manejo Integrado de la Polilla de la Papa* en almacén cuyos principales componentes son:

- Limpieza y desinfección almacén.
- Selección de tubérculos.
- Tratamiento preventivo con *MATAPOL Plus* o con *Attract and Kill*.



**Figura 1.** Lecturas de las poblaciones de polillas contadas por trampa en los almacenes con tratamientos en las comunidades de Chuquisaca



**Figura 2.** Porcentaje de daño en tubérculos almacenados al momento de la evaluación en almacenes de Anzaldo, Cochabamba

## Entidades involucradas

- Fundación PROINPA
- Proyecto IssAndes
- PMA (Programa Mundial de Alimentos)
- MAECH

## Conclusiones y recomendaciones

- Como resultado de este trabajo, los agricultores involucrados vieron la eficiencia del producto *Attract and Kill* en la protección de los tubérculos almacenados, contra el ataque de la polilla de la papa, creando una expectativa en ellos por la disponibilidad del producto en el mercado local. Cabe recalcar que la aplicación o uso del producto, debe ir acompañado con las otras prácticas recomendadas en la estrategia de

*Manejo Integrado de la Polilla de la Papa en almacén.*

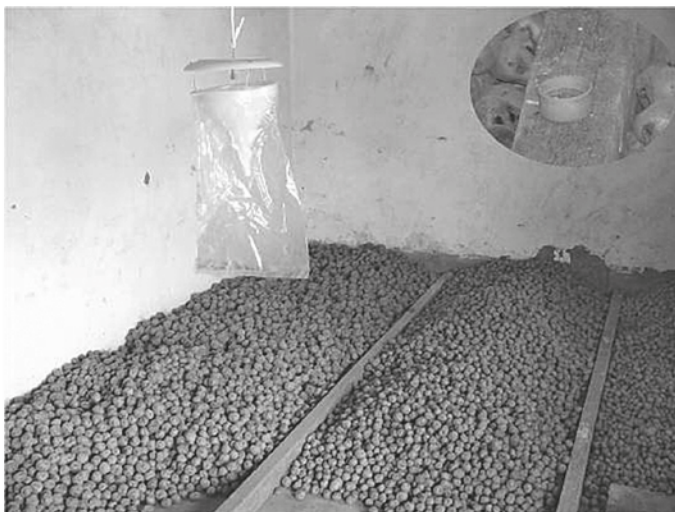
- Este producto fue desarrollado por investigadores del Centro Internacional de la Papa (CIP) en el Perú y al momento no se encuentra disponible en cantidades importantes para su difusión a nivel de agricultores, por lo que deberían hacerse gestiones con el CIP para que un futuro este producto pueda estar disponible en el mercado local.

## Referencias citadas

Kroschel, J., Zegarra, O. 2009. Attract-and-kill: A new strategy for the management of the potato tuberworms *Phthorimaea operculella* (Zeller) and *Symmetrischema tangolias* (Gyen) in potato: Laboratory experiments towards optimising pheromone and insecticide concentration.

Trabajo recibido el 23 de octubre de 2014 - Trabajo aceptado el 12 de noviembre de 2014

**Nota complementaria:** Este documento se ha realizado con ayuda financiera de la Comisión de la Unión Europea a través del FIDA. Las opiniones expresadas en el mismo no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Comisión de la Unión Europea.



*Attract and Kill* en almacén de agricultor con papa almacenada y trampa con feromona

## Trigos Biofortificados: Una contribución en la lucha contra la desnutrición

Crescencio Calle

Fundación PROINPA

E mail: c.calle@proinpa.org

**Resumen.** En Bolivia, la desnutrición crónica y deficiencia de hierro constituyen problemas latentes. En el Consenso de Copenhague, 2008, la Biofortificación, fue catalogada entre las 5 soluciones efectivas a los desafíos globales de la humanidad, entre ellas el “hambre oculta”. Con el objetivo de obtener variedades de trigo biofortificadas (alto contenido de Fe y Zn) se utilizó germoplasma provenientes de ancestros de trigo, 40 líneas (CIMMYT) que fueron cruzadas con variedades comerciales (Yampara, Redención y Anzaldo). Una vez realizada la hibridación, la población segregante fue evaluada y al cabo de siete generaciones, tomando los criterios de contenido de hierro y zinc y comportamiento agronómico, se obtuvieron las dos primeras variedades de trigo biofortificado; TARABUCO-2012 y LIMABAMBA-2012, que se caracterizan por su precocidad, tolerancia intermedia a *Septoria tritici*. Asimismo los rendimientos experimentales son superiores en un 12% a 17% frente a los testigos Yampara y Redención. Respecto al contenido de hierro con análisis de dos años en promedio TARABUCO-2012 presenta 38.7% más hierro que el testigo comercial, mientras que LIMABAMBA-2012 presenta 36.5% más hierro que los testigos comerciales siendo esto una importante contribución en la lucha contra la desnutrición y constituye un logro científico no solo a nivel nacional sino internacional.

**Palabras clave:** Hambre Oculta; Respuesta Agronómica; Ensayos Regionales

**Abstract. Biofortified Wheat: A contribution in the fight against malnutrition.** In Bolivia, according to the *Map of Vulnerability to Food Insecurity*, chronic mal nutrition and iron deficiency are latent problems in rural areas. At the Consensus of Copenhagen, 2008, biofortification was ranked among the 5 effective solutions to the global challenges humanity faces, including “hidden hunger”. Zn deficiency limits the body development adversely affecting the intellectual and sexual development, decreasing the functioning of the immune system. In order to obtain bio-fortified varieties of wheat (high Fe and Zn content), germplasm from ancestors of wheat as used, 40 biofortified lines (CIMMYT) that were crossed with three commercial varieties (Yampara, Redención, and Anzaldo). After hybridization, the segregating population was assessed by its agronomic characteristics. After 7 generations (five years) and taking the criteria in iron and zinc content and as to agronomic performance, two first varieties of biofortified wheat were obtained; TARABUCO-2012 and LIMABAMBA-2012, which are characterized by their precocity, intermediate tolerance to *Septoria tritici*. Furthermore, experimental yields are higher in 12% to 17% compared to controls Yampara and Redención. Regarding iron content, the analysis of two years present TARABUCO-2012 in average 387% more iron than commercial control, while LIMABAMBA-2012 presents 36.5% more iron than commercial controls being this an important contribution fighting malnutrition and constitutes a scientific achievement not only nationally but internationally. Currently they have been validated in 14 communities of Tarabuco and Yamparáez, Icla, and Mojocoya being of full satisfaction of producers.

**Keywords:** Hidden Hunger; Agronomic Response; Regional Trials

## **El hambre oculta y la desnutrición**

El "hambre oculta" es el nombre que se le ha dado a la falta de micronutrientes tales como el hierro, el zinc y la vitamina A entre otros. De acuerdo a estudios del Banco Mundial, los daños que esta deficiencia causan en la salud pueden alcanzar hasta pérdidas económicas de un 5% del Producto Interno Bruto de un país.

En Bolivia, de acuerdo con el *Mapa de Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria* (Figura 1) por comunidades en las zonas trigueras de Bolivia y de Chuquisaca y particularmente de Yamparáez, tienen índices comprendidos entre 3 y 5, siendo los más vulnerables a la inseguridad alimentaria. Por otro lado la desnutrición crónica y deficiencia de hierro constituyen problemas pendientes en el área rural.

## **El trigo base de la alimentación diaria**

El trigo constituye un alimento básico de consumo masivo, en general la población boliviana consume unos 60 kg de trigo por habitante y por año, lo que hace del trigo una base importante para la seguridad alimentaria.

Este consumo se hace bajo diferentes derivados, tanto artesanales como industriales.

## **El desafío: Obtener trigo con más hierro y zinc**

La anemia, en la mayoría de los países de la región latinoamericana, es causada por falta de hierro en la alimentación. Afecta a un 34% de la población mundial, de la cual un 80% vive en los países en vías de desarrollo. Los niños, mujeres embarazadas y ancianos son los que tienen una mayor probabilidad de sufrir por falta de hierro.

Por otro lado la falta de zinc afecta negativamente el desarrollo intelectual de los niños, ya que es un componente esencial del cerebro y de su funcionamiento, por otro lado favorece al sistema inmunológico.

Ante esta situación, el año 2007 se planteó el objetivo de generar variedades de trigo biofortificadas, con al menos 20% más la concentración de Fe y Zn en los granos, en relación a los trigos que actualmente se cultivan. La biofortificación ha sido identificada como una de las cinco soluciones a los problemas mundiales del hambre y desnutrición. Para ello en los últimos años se ha priorizado investigaciones en varios cultivos, orientadas a la obtención de variedades biofortificadas.

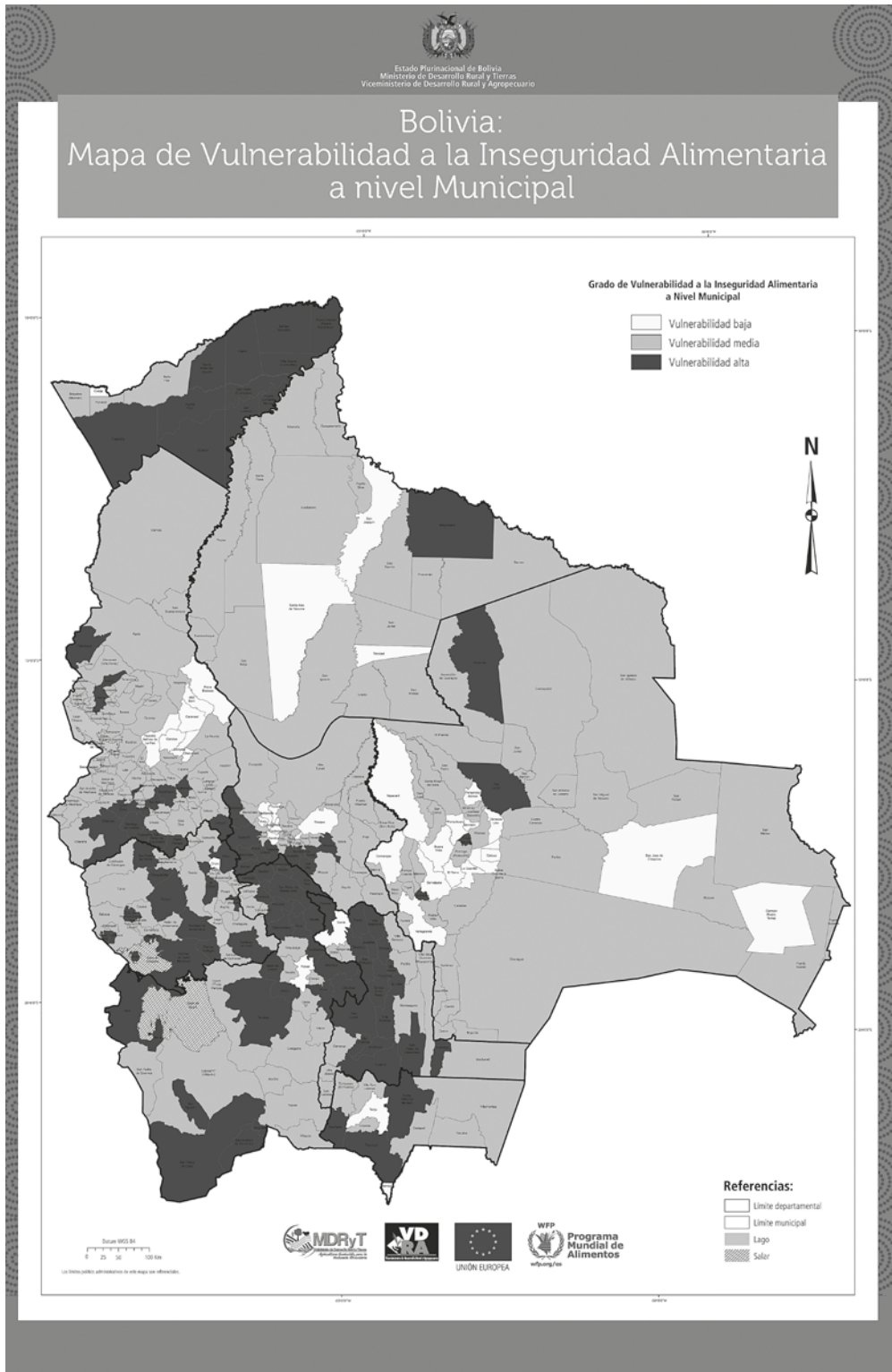


Figura 1. Mapa de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia

## Las primeras variedades de trigo biofortificado

Después de cinco años de investigación continua, realizando dos ciclos agrícolas por año, se ha obtenido las dos primeras variedades de trigo biofortificado:

- ⇒ TARABUCO-2012
- ⇒ LIMABAMBA-2012

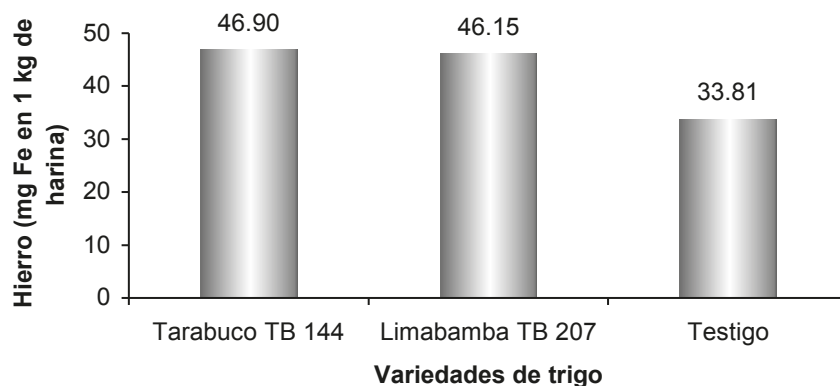
Las nuevas variedades están adaptadas a las áreas trigueras de la zona andina y son de ciclo temprano de maduración (116 días y 123 días).

Respecto a su comportamiento a las enfermedades, presentan tolerancia a *Septoria tritici* (4/3 para Tarabuco y 2/1

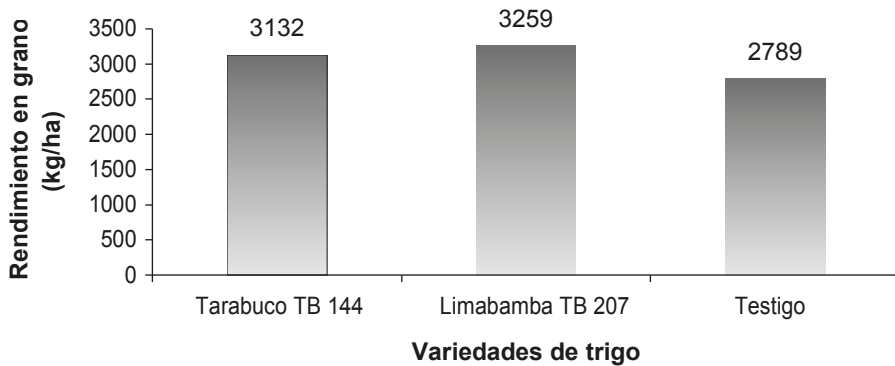
para Limabamba de acuerdo a la escala de Saari-Prescott).

Con respecto a su contenido de hierro (Figura 2), Tarabuco 2012 presenta 38.7% más de hierro en el grano, que las variedades comerciales (46.9 mg de Fe/kg de harina integral) en tanto que Limabamba 2012, presenta 36.5% más de hierro en el grano que las variedades comerciales (46.1 mg de Fe/kg de harina integral).

Los rendimientos promedio de tres gestiones agrícolas se muestran superiores a las variedades comerciales, en una proporción de 12% y 17% para las variedades Tarabuco 2012 y Limabamba 2012 (figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Contenido de hierro en granos de trigo (media de dos gestiones agrícolas)



**Figura 3.** Rendimiento experimental de trigos biofortificados (media de tres gestiones agrícolas)

## Validaciones en el marco del Proyecto ISSANDES

En la campaña agrícola 2013, se realizaron validaciones masivas en campos de productores de comunidades de los departamentos de Chuquisaca y Potosí.

Las siembras se realizaron en el verano 2012 – 2013, de acuerdo a las condiciones propias de cada comunidad ya que las altitudes de las mismas varían desde 2500 a 3700 msnm.

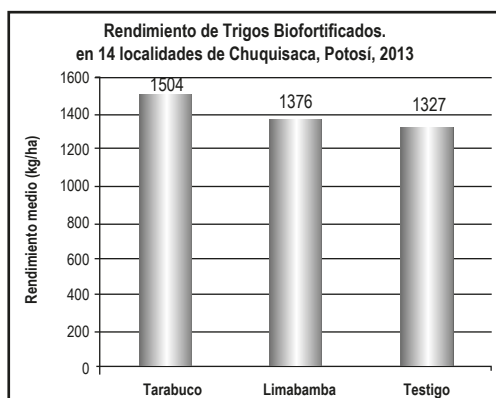
A pesar de las dificultades climáticas (falta de lluvia en algunos periodos, heladas en zonas altas), se validó las variedades Tarabuco y Limabamba en estos diferentes ambientes, habiendo tenido un alto grado de aceptación para las dos variedades.

De acuerdo a las evaluaciones participativas, las preferencias por Limabamba son por su alto rendimiento (Figura 4) y Tarabuco por su precocidad (Figura 5), en ambos casos como datos promedio de 14 localidades en Potosí y Chuquisaca, para el año 2013.

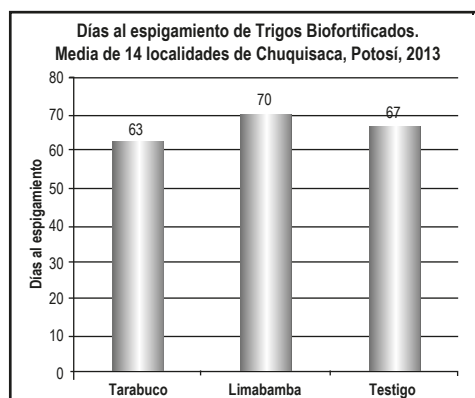
Los rendimientos obtenidos en las parcelas de validación, dieron un primer lugar a la variedad Tarabuco seguido de Limabamba. El rendimiento del testigo local fue menor (Figura 4). Cabe hacer notar que la variedad testigo fue la más conocida en cada comunidad, por lo que esta varió de lugar en lugar.

Las variedades de trigo biofortificado validadas mostraron un amplio rango de adaptación, lo cual incide directamente en el comportamiento de las variedades. Lo anterior fue notorio principalmente en el ciclo de las variedades (días a la madurez) y el llenado de grano (peso de mil semillas) (Figura 6).

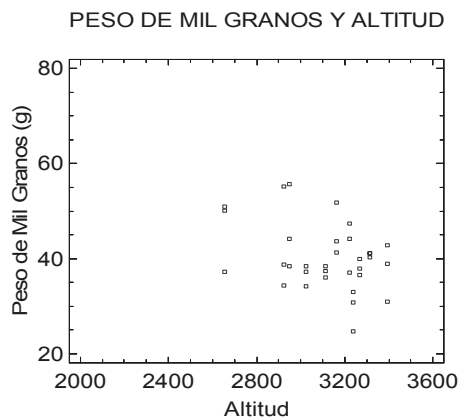
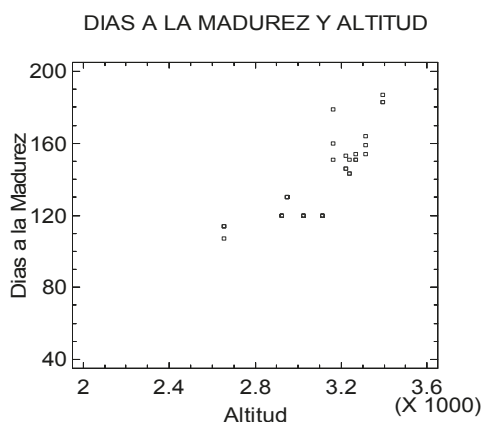
La principal contribución de este trabajo, es el haber generado y validado masivamente, trigos con una mayor calidad nutricional por su contenido de hierro y zinc, que favorecerán para una mejor nutrición y salud sobre todo de los pobladores rurales.



**Figura 4.** Rendimiento en grano de trigos biofortificados



**Figura 5.** Días al espigamiento de trigos biofortificados



**Figura 6.** Efecto de la altitud sobre el ciclo del cultivo y el llenado de grano, en variedades de trigo biofortificado (Tarabuco y Limabamba) validados en 14 localidades de Chuquisaca y Potosí durante la gestión agrícola 2013

Trabajo recibido el 23 de octubre de 2014 - Trabajo aceptado el 4 de noviembre de 2014

**Nota complementaria:**

*La investigación reportada en esta publicación se realizó en el marco del Programa de Innovación Continua PIC de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE).*

*La etapa de validación y difusión fue apoyada por el Proyecto IssAndes (CIP - FIDA).*

# El Gorgojo de Los Andes, experiencias y prácticas en el control de la plaga en el cultivo de papa en Bolivia

Félix Rodríguez; Luis Crespo

Fundación PROINPA

E mail: f.rodriguez@proinpa.org

**Resumen.** El Manejo Integrado de Plagas en el Gorgojo de Los Andes (*Rhigopsidius piercei* y *Premnotrypes* spp.) se compone de una veintena de prácticas o componentes para las diferentes fases del ciclo de vida del gorgojo, que coincide con el ciclo del cultivo de la papa. La difusión y aplicación por productores de las prácticas no ha logrado los efectos esperados en la reducción del ataque de la plaga. Una razón para este hecho es que las prácticas propuestas son numerosas y las recomendaciones para su aplicación son diversas. La presente publicación muestra una priorización de las prácticas más adecuadas para la aplicación masiva e individual, por parte de productores de papa, en el control del gorgojo. Este ordenamiento de las prácticas se realizó participativamente con un grupo de expertos en el tema bajo los criterios de facilidad de aplicación, efectividad en el control, bajo costo y tiempo de aplicación. Las percepciones de los expertos fueron ponderadas y analizadas, los resultados coinciden en la priorización de las mejores prácticas para cada especie de gorgojo. Las prácticas priorizadas en *Rhigopsidius piercei* fueron el uso de trampas húmedas, selección de papa semilla y aplicación de insecticidas, en *Premnotrypes* spp. fue priorizada la selección de papa semilla, uso de mantas a la cosecha y remoción de suelo.

**Palabras clave:** Manejo Integrado de Plagas; Pos Cosecha; *Rhigopsidius piercei*; *Premnotrypes* spp.

**Abstract.** The Andean Weevil, experiences and practices in controlling the pest in potato cultivation in Bolivia. The Integrated Management of Pest in the Andean Weevil (*Rhigopsidius piercei* and *Premnotrypes* spp.) consists of twenty practices or components for the different phases of the life cycle of the weevil, which coincides with the cycle of potato cultivation. The dissemination and implementation of the practices has not achieved the expected reduction in pest attack. One reason for this is that the proposed practices are numerous and recommendations for implementation are different. This publication shows a prioritization of the most suitable practices for mass and individual application, by potato producers in weevil control. This system of practices was conducted participatory with a group of experts on the subject on the criteria of ease of application, control effectiveness, low cost and implementation time. Perceptions of the experts were weighted and analyzed; the results coincide in prioritizing best practices for each species of weevils. The prioritized practices in *Rhigopsidius piercei* were the use of wet traps, potato seed selection, and application of insecticides; in *Premnotrypes* spp. it was prioritized the selection of seed potatoes, the use of blankets in harvest, and soil removal.

**Keywords:** Integrated Management of Pests; Post Harvest; *Rhigopsidius piercei*; *Premnotrypes* spp.

## Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un cultivo que tiene la mayor importancia en aspectos económicos y sociales, dentro del sistema agrícola de la región andina de nuestro país, debido a que la mayor parte de las familias campesinas se dedican a este cultivo (Zeballos *et al.*, 2009). Asimismo, la población rural y urbana de Bolivia, tiene como principal sustento alimentario a los tubérculos de papa, cuyos índices de consumo *per capita* alcanza a 100 kg, encontrándose entre los más altos del mundo (El Deber, 2013).

En Bolivia se estima que unas 35.000 hectáreas están afectadas por el *Gorgojo de Los Andes*; cuantificando sus efectos, en función del daño de la plaga al tubérculo, se estima una pérdida de \$us 200 por hectárea, por tanto una pérdida total de \$us 7.000.000.- por año a nivel nacional (Zeballos *et al.*, 2009).

El complejo *Gorgojo de Los Andes* en Bolivia, se encuentra distribuido en toda la región andina, entre los 2.500 y 4.700 msnm. Este complejo está formado por cinco especies diferentes, agrupadas en tres géneros que son:

- *Rhigopsidius*
- *Premnotrypes*
- *Phyrdenus*

en cambio *Phyrdenus* sp., se encuentra en la zona de los valles bajos entre 1500 y 2500 msnm (Calderón *et al.*, 2004). Los adultos se alimentan del follaje de las plantas de papa, pero el principal daño es ocasionado por las larvas, al alimentarse de los tubérculos, lo que ocurre en campo y es percibido al momento de la cosecha. Las pérdidas eco-

nómicas ocasionadas por el complejo gorgojo son cuantiosas, en casos extremos se puede perder hasta el 80% del valor de la cosecha debido a la pérdida de calidad del producto, afectando significativamente a los ingresos de los agricultores (Calderón *et al.*, 2004).

El *Gorgojo de Los Andes* es una plaga que ocasiona pérdidas en el cultivo de papa, tanto en campo como en almacén. Durante la pasada década se realizaron esfuerzos en el desarrollo de una estrategia para su control. La Fundación PROINPA en la década del año 2000, desarrolló varias estrategias para el *Manejo Integrado de Plagas* del complejo *Gorgojo de los Andes* (Calderón *et al.*, 2004). Estas estrategias comprenden una serie de componentes o prácticas recomendadas según el ciclo biológico de la plaga.

Las prácticas recomendadas para *R. piercei* y *Premnotrypes* spp., coinciden con el ciclo vegetativo del cultivo de papa (siembra de año) y los estados fisiológicos (huevo, larva o gusano, pupa y adulto) que aproximadamente tiene un año calendario de duración.

Una diferencia fundamental de *R. piercei* con respecto a *Premnotrypes* spp., es que *R. piercei* no abandona el tubérculo para completar su ciclo, mientras que *Premnotrypes* spp. completa su ciclo en el suelo y no en el tubérculo.

Las prácticas de control del gorgojo para cada especie de gorgojo se muestran en el Cuadro 1. El detalle de cada práctica se encuentra en el sitio web de la Fundación PROINPA:

<http://www.proinpa.org/tic/index.php/home/papa/plagas/gorgojo-de-los-andes>

**Cuadro 1.** Prácticas para el control del *Gorgojo de Los Andes*

Nro.	Práctica de control	<i>Rhigopsidius</i>	<i>Premnotrypes</i>
1	Selección de papa semilla	✓	✓
2	Embolsado de semilla	✓	✗
3	Remoción de suelos (área de prealmacenamiento)	✗	✓
4	Arado de la parcela cosechada	✓	✓
5	Empleo de pollos	✓	✓
6	Eliminación de <i>k'ipas</i>	✓	✓
7	Aporque alto	✓	✓
8	Aplicación de insecticidas	✓	✓
9	Zanjas revestidas de plástico	✓	✓
10	Barreras de plástico o barreras vegetales	✓	✓
11	Recolección nocturna de adultos	✓	✓
12	Cosecha oportuna	✓	✓
13	Uso de mantas a la cosecha	✗	✓
14	Empleo de hongos	✗	✓
15	Uso de trampas de caída	✓	✓
16	Uso de trampas húmedas	✓	✓
17	Concurso de recolección de adultos	✓	✓
18	Uso de semilla certificada	✓	✓

Referencias: ✓: SI aplica    ✗: NO aplica

Estas prácticas se promovieron en diversos territorios, en especial donde la infestación y los daños que ocasiona la plaga son importantes. Aunque los esfuerzos por la difusión y adopción de las prácticas no han sido una prioridad para las agencias de desarrollo, no hay señales de que productores de papa están replicando alguna(s) de las prácticas mencionadas. Esta situación refleja la necesidad de priorizar y hacer una mejor recomendación, por lo que los objetivos de la presente investigación participativa fueron:

- Determinar cuál o cuáles prácticas son fáciles de aplicar y de bajo costo.
- Determinar si no requieren de considerable inversión de tiempo.
- Determinar si son eficientes en el control de la plaga.

## Materiales y métodos

La Fundación PROINPA en el marco del Proyecto IssAndes<sup>1</sup>, organizó un taller convocando a técnicos vinculados estrechamente en la problemática y que trabajan en diferentes zonas con presencia del complejo gorgojo.

En el taller participaron diferentes expertos entre técnicos y promotores, en el manejo y control del *Gorgojo de Los Andes*, quienes a partir de sus conocimientos y experiencias acumuladas, fueron participes en la evaluación y priorización de prácticas de manejo integrado del gorgojo de las especies *R. piercei* y *Premnotrypes* spp.

<sup>1</sup> Innovación para la seguridad y la soberanía alimentaria en los Andes [www.issandes.org](http://www.issandes.org)

Los criterios de evaluación fueron cuatro: 1) Fácil aplicación, 2) Costo de aplicación, 3) Tiempo requerido y 4) Eficiencia de Control.

La escala de evaluación utilizada fue:

- 1 = Muy malo
- 2 = Malo
- 3 = Regular
- 4 = Bueno
- 5 = Muy bueno

En la evaluación participativa, se contó con la presencia activa de diez y ocho técnicos y promotores. La ponderación de las percepciones se realizó por plaga y criterio.

## Resultados

### *Rhigopsidius piercei*

El gorgojo permanece en el tubérculo de papa hasta completar su desarrollo o ser adulto, por lo que las prácticas recomendadas toman en cuenta esta característica de la especie.

Entre las prácticas más utilizadas, y recomendadas según los expertos, se encuentran las mencionadas en el Cuadro 2. Las prácticas de control con mayor puntuación en promedio, son el uso de trampas húmedas, la selección de papa semilla y aplicación de insecticidas. Sin embargo, resalta el uso de barreras de plástico o barreras vegetales como la más eficiente en el control, mientras que la selección de semilla papa aparece como de menor costo y tiempo de aplicación, además de eficiente. El uso de trampas húmedas permite proporcionar a los adultos de gorgojo áreas de refugio, de donde pueden ser colectados fácilmente, logrando de

esta manera reducciones importantes de las poblaciones en campo. Respecto a la selección de semilla, esta es una actividad que los agricultores realizan rutinariamente, previamente a la siembra. En cuanto al uso de barreras de plástico o barreras vegetales, realmente es una práctica eficiente siempre y cuando se tenga la seguridad de que la semilla utilizada esté libre de la plaga, para lo cual se debe considerar la práctica de embolsado de la semilla antes de la siembra, para asegurar que la semilla este realmente libre de la plaga.

### *Premnotrypes spp.*

Esta especie completa su desarrollo en el suelo, por lo que las prácticas recomendadas toman en cuenta esta característica de la especie. Entre las prácticas más utilizadas y recomendadas, según criterio de los expertos, se encuentran las mencionadas en el Cuadro 3.

Las prácticas de control con mayor puntuación en promedio son la selección de papa semilla, el uso de mantas a la cosecha y la remoción de suelos (áreas de pre-almacenamiento).

Sin embargo, resalta el uso de barreras de plástico o barreras vegetales como la más eficiente en el control, mientras que la selección de semilla papa y la remoción de suelos, aparece como de menor costo y tiempo de aplicación, además de eficiente.

De forma general la selección de semilla, es una práctica realizada por los agricultores de manera rutinaria. El uso de mantas a la cosecha es una práctica orientada a romper el ciclo de la plaga, logrando así bajar sus poblaciones para la siguiente campaña.

**Cuadro 2.** Priorización de prácticas de control de *Rhigopsidius piercei*

Código de práctica *	Características de la aplicación				Promedio de los cuatro criterios
	Facilidad	Costo	Tiempo requerido	Eficiencia del control	
16	4.4	4.2	4.0	3.9	4.1
1	4.4	3.6	3.7	4.4	4.0
8	4.2	2.8	3.3	4.6	3.7
2	3.8	3.1	3.3	4.4	3.6
18	4.3	2.7	3.0	4.3	3.6
10	3.4	2.9	3.1	4.7	3.5
15	3.3	3.6	3.6	3.6	3.5
7	3.8	3.1	2.8	4.0	3.4
6	3.1	3.6	2.8	4.0	3.4
17	3.2	3.1	2.4	4.0	3.2
11	3.0	3.3	2.6	3.4	3.1
12	3.0	2.9	2.8	3.1	2.9
9	1.4	1.8	2.2	4.0	2.4

**Cuadro 3.** Priorización de prácticas de control de *Premnotrypes* spp.

Código de práctica *	Características de la aplicación				Promedio de los cuatro criterios
	Facilidad	Costo	Tiempo requerido	Eficiencia del control	
13	4.4	3.7	3.9	3.8	4.0
3	4.2	3.9	3.8	3.9	4.0
16	4.1	3.8	3.7	3.9	3.9
8	3.9	2.6	2.9	4.2	3.4
7	3.3	2.7	2.7	4.1	3.2
12	3.2	3.1	2.8	3.6	3.2
10	2.9	2.5	2.6	4.5	3.1
15	3.3	3.3	2.8	3.1	3.1
11	3.1	3.0	2.5	3.6	3.0
17	3.2	2.6	2.6	3.7	3.0
5	2.8	2.2	3.1	3.4	2.9
6	2.9	2.7	2.6	3.1	2.8
4	2.4	2.2	2.5	3.2	2.6
9	2.2	1.9	2.0	3.8	2.5
14	2.4	1.3	2.6	2.8	2.3

\* Referencias del Código de Práctica (válido para los cuadros 2 y 3):

- |    |                               |     |   |
|----|-------------------------------|-----|---|
| 1: | Selección de papa semilla     | 10: | Barreras de plástico o barreras vegetales |
| 2: | Embolsado de semilla          | 11: | Recolección nocturna de adultos           |
| 3: | Remoción de suelos            | 12: | Cosecha oportuna                          |
| 4: | Arado de la parcela cosechada | 13: | Uso de mantas a la cosecha                |
| 5: | Empleo de pollos              | 14: | Empleo de hongos                          |
| 6: | Eliminación de k'ipas         | 15: | Uso de trampas de caída                   |
| 7: | Aporque alto                  | 16: | Uso de trampas húmedas                    |
| 8: | Aplicación de insecticidas    | 17: | Concurso de recolección de adultos        |
| 9: | Zanjas revestidas de plástico | 18: | Uso de semilla certificada                |

La remoción de suelos en áreas de pre almacenamiento (importante foco de infestación), es una práctica que debe hacerse oportunamente (julio – agosto), de fácil aplicación, bajo costo, requiere poco tiempo y es eficiente en la reducción de las poblaciones de la plaga, todo esto porque en comparación con las parcelas de producción de papa, estas áreas cubren terrenos muy reducidos (un promedio de 9 m<sup>2</sup>). En ambos casos, una práctica común usada por los agricultores, es el uso de insecticidas sin lograr resultados eficientes, esto por el desconocimiento en el tema y el uso inadecuado e inoportuno.

#### ***Acción colectiva para el control del gorgojo***

Una característica particular en ambas especies de gorgojo es que no vuelan, pero pueden caminar distancias de unos 5 km en una noche en busca de alimento. Esto tiene consecuencias sobre el

control individual que realizan los productores en sus parcelas, ya que resulta inútil el esfuerzo individual por controlar el gorgojo que viene de otras parcelas aledañas. Por lo anterior, la estrategia de control debe incluir la participación de todos los agricultores de un amplio territorio. Existen experiencias de control colectivo del gorgojo en un determinado territorio, las cuales prueban tener una mayor efectividad en la reducción del ataque y pérdidas en el cultivo de papa en el altiplano.

La acción colectiva del control de gorgojo, convertida en una campaña, comprende un número reducido de prácticas de control que deben aplicarse por todos los productores de manera puntual, según el ciclo del cultivo y de la plaga. En el Cuadro 4, se observa la priorización de las prácticas de control de gorgojo por especie, que mejor se combinan para una eficiente campaña contra el gorgojo.

**Cuadro 4.** Combinaciones de prácticas de control por especie de gorgojo

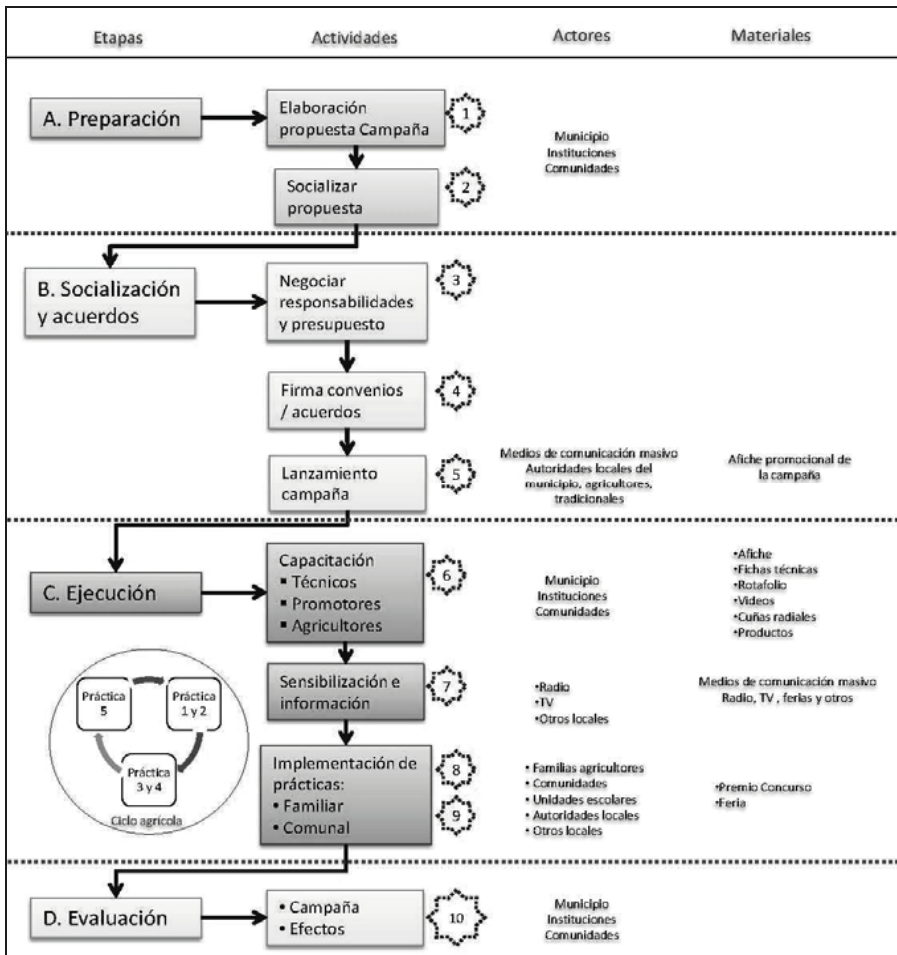
<i>Rhigopsidius piercei</i>		<i>Premnotrypes</i> spp.	
Práctica	Puntaje	Práctica	Puntaje
Aplicación de insecticidas	7	Selección de papa semilla	13
Selección de papa semilla	7	Aplicación de insecticidas	11
Aporque alto	6	Remoción de suelos	8
Barreras de plástico o vegetales	4	Uso de mantas a cosecha	6
Cosecha oportuna	2	Aporque alto	6
Embolsado de semilla	2	Uso de trampas húmedas	4
Uso de semilla certificada	1	Cosecha oportuna	4
Concurso recolección de adultos	1	Uso de trampas de caída	3
Uso de trampas húmedas	1	Recolección nocturna de adultos	2
Eliminación de <i>k'ipas</i>	1	Barreras de plástico o vegetales	2
Uso de trampas de caída	0	Arado de parcela cosechada	2
Recolección nocturna de adultos	0	Concurso recolección de adultos	1
Zanjas revestidas de plástico	0	Empleo de hongos	1
		Zanjas revestidas de plástico	1
		Eliminación de <i>k'ipas</i>	1
		Empleo de pollos	1

A partir de la priorización de las prácticas por especie, es recomendable que una campaña de control del gorgojo considere la aplicación de insecticidas y la selección de papa-semilla para ambas especies de gorgojo. Además, el aporte alto en caso de *R. piercei*, y la remoción de suelos en áreas de prealmacenamiento en *Premnotrypes* spp.

La experiencia de la Fundación PROINPA en la organización de campañas de lucha contra el gorgojo, resultó exitosa por la implementación de un número reducido de prácticas de control aplicados en momentos críticos, con una

amplia cobertura geográfica y que benefició a una mayor cantidad de agricultores afectados.

Además, se cuenta con tecnología al alcance de los productores. Sin embargo, es necesario que los municipios e instituciones de desarrollo, estén comprometidos con la solución del problema. En la Figura 4, se muestra un esquema de como emprender una campaña a nivel municipal que comprende las etapas de preparación, socialización y acuerdos, la ejecución y la evaluación de la campaña.



**Figura 4.** Esquema de campaña municipal para la reducción de la incidencia del *Gorgojo de los Andes* en el cultivo de papa

En la etapa de ejecución, se enfatiza en la aplicación de un reducido número de prácticas de control de gorgojo, que son implementadas en la campaña y que responden a determinados momentos, donde todos los productores deben implementarlas en sus parcelas de papa.

La sensibilización e información son cruciales para la socialización y puesta en marcha de la campaña. Es importante la evaluación de las acciones que demuestre los efectos positivos de la campaña por efecto de la reducción del ataque de la plaga.

## Conclusiones

- Antes de la intervención en una zona, será conveniente identificar la especie presente en ésta y definir las prácticas más apropiadas para su control.
- Las prácticas con mayores posibilidades de éxito en *R. piercei*, son el uso de trampas húmedas y aplicación de insecticidas, en *Premnotrypes* spp. el uso de mantas a la cosecha y la remoción de suelos (áreas de pre-almacenamiento). Para ambas especies la selección de papa-semilla es efectiva.
- En una campaña de control del gorgojo, hacer una combinación de componentes como la aplicación de insecticidas, la selección de papa semilla, el aporque alto y la remoción de suelos en áreas de pre-almacenamiento.

## Referencias citadas

Calderón, R., Franco, J., Barea, O., Crespo, L., Esprella, R., Bejarano, C., Ramos, J., Iporre, G., Casso, R. 2004. Desarrollo de componentes del manejo integrado del gorgojo de Los Andes en el cultivo de la papa en Bolivia. Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

El Deber (10 de noviembre de 2013). Bolivia líder en el consumo de papa; atrás en huevo y leche. *En línea*. Disponible en: [www.eldeber.com.bo](http://www.eldeber.com.bo) Consultado el 9 de abril de 2014

Zeballos, H., Balderrama, F., Condori, B., Blajos, J. 2009. Economía de la Papa en Bolivia (1998-2007). Fundación PROINPA. Cochabamba, Bolivia.

### *Nota complementaria:*

*La investigación reportada en esta publicación se realizó en el marco del Proyecto IssAndes. El Proyecto fue financiado por la Comisión de la Unión Europea a través del Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) con la coordinación y soporte del Centro Internacional de la Papa (CIP).*

*El contenido y las opiniones expresadas en esta publicación no reflejan necesariamente la opinión oficial de la Comisión de la Unión Europea.*

*Trabajo recibido el 23 de octubre de 2014 - Trabajo aceptado el 9 de noviembre de 2014*

# El comportamiento de bioindicadores del tiempo frente al cambio climático, en comunidades campesinas de la provincia Tapacarí de Cochabamba

Nelson Tapia; Miguel Chirveches; Domingo Torrico; Angélica Machaca

*Centro Universitario AGRUCO UMSS*

*E mail: nelsontapia@agruco.org*

**Resumen.** El Cambio Climático (CC) se ha convertido en el problema ambiental trascendental del siglo XXI. Los impactos globales del CC ya son perceptibles en las zonas rurales de Bolivia. Una investigación desarrollada entre septiembre del 2011 y enero de 2012, sobre las percepciones campesinas, prácticas, estrategias y lecciones aprendidas relacionadas con la adaptación al CC en tres comunidades del Municipio de Tapacarí (Esquillani, Ovejuyo y Chivimarca), ha estudiado las percepciones campesinas y los cambios en el comportamiento de los bioindicadores del tiempo, y su efecto en el calendario agrícola de la papa. Metodológicamente se ha aplicado la investigación participativa revalorizadora, con técnicas de investigación cualitativas. Se determina que el CC es perceptible en las comunidades, a través del acortamiento del régimen hídrico, las temperaturas elevadas, el retraso o adelanto de las heladas y los vientos fuertes. Para distribuir los riesgos climáticos por la ocurrencia de éstos fenómenos, los productores han re-aprendido a predecir el comportamiento de una campaña agrícola al hacer la lectura e interpretación de algunas señas de la madre tierra, mediante los fitoindicadores, zooindicadores e indicadores astronómicos, para que a través de ello puedan tomar las previsiones necesarias de adecuación y adaptación frente al CC, tratándose de prácticas agroecológicas adaptativas y resilientes.

**Palabras clave:** Resiliencia; Saberes Locales; Investigación Participativa

**Abstract.** The behavior of bioindicators of time addressing climate change in rural communities of the province Tapacarí of Cochabamba. The Climate Change (CC) has become the most significant environmental problem of the XXI century. The overall impacts of CC are noticeable in rural areas of Bolivia. A research was conducted between September 2011 and January 2012 on rural perceptions practices, strategies, and learned lessons related to adaptation to CC in three communities of the Municipality Tapacarí (Esquillani, Ovejuyo, and Chivimarca), it studied local farmers' perceptions, and changes in the behavior of the bioindicators of time, and its effect in agricultural planning of potato. As methodology, it was applied participatory revalorizing research with qualitative research techniques. It has been determined that CC is noticeable in the communities, through shortening of water regime, high temperatures, the delay or advancement of frost, and strong winds. To distribute weather risks by the occurrence of these phenomena, the producers have relearned and predict the behavior of a crop year by reading and interpreting some signs of mother earth through fitoindicators, zooindicators and astronomical indicators, so that through it, the necessary forecasts of adequacy and adaptation to CC can be taken, consisting of agroecological adaptive and resilient practices.

**Keywords:** Resilience; Local Knowledge; Participatory Research

## Introducción

El cambio climático es un problema global complejo que representa un nuevo reto para la humanidad pues implica distintos aspectos tanto ambientales, sociales, culturales, económicos así como políticos, donde sus impactos globales ya perceptibles, especialmente a través de inundaciones, sequías y otras catástrofes climáticas, siendo imprescindible tomar acciones tanto a nivel local, municipal y nacional para reducir las consecuencias en el futuro.

Es conocido que en el transcurso del siglo XX con la revolución industrial, el desarrollo de la agricultura industrializada a través de la química, el uso indiscriminado de los recursos naturales renovables y no renovables, el crecimiento poblacional con un aumento de la densidad demográfica a niveles ya casi insostenibles, el crecimiento del parque automotor a nivel mundial, son algunos puntos característicos de una sociedad consumista que hace más de un siglo viene deteriorando el frágil equilibrio ambiental en el planeta, fenómeno más conocido convencionalmente como “cambio climático”.

Entre los efectos que se advierten a futuro son desaparición o disminución de recursos hídricos, erosión de suelos, desertificación, pérdida de biodiversidad, aumento de gases de efecto invernadero, aumento de la temperatura ambiental, incremento de los efectos erosivos del viento, disminución de la humedad, alteración de los regímenes de vida, pérdida de la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y otros, siendo el sector agropecuario, por tanto la seguridad y soberanía alimentaria, uno de los más golpeados, debido a su alta exposición a los factores climáticos adversos.

También es conocido para todos que la producción agrícola en comunidades campesinas de la zona andina de Bolivia, en este caso de Cochabamba es altamente dependiente de factores climáticos y meteorológicos.

Frente a ello, estas comunidades han desarrollado valiosos conocimientos y estrategias para disminuir los riesgos en su producción agrícola, uno de ellos la lectura de bioindicadores y el pronóstico de fenómenos meteorológicos futuros.

Sin embargo, en los últimos años muchos comunarios indican que los bioindicadores parecen estar cambiando al igual que el clima, por lo que la lectura y el pronóstico de los fenómenos meteorológicos futuros en base a indicadores locales resulta cada vez más complicado.

Por consiguiente, el impacto del cambio climático será muy alto en la producción agrícola, pero también en la alimentación y la economía comunitaria campesina.

Frente a este problema, en Bolivia se está realizando importantes esfuerzos institucionales, a través de investigaciones e intervenciones en la temática del cambio climático y la conservación del medio ambiente y la biodiversidad, determinando las nuevas amenazas y vulnerabilidades a las que se encuentra expuesta el país y buscando alternativas para su mitigación.

Sin embargo, éstos trabajos están abordando el tema de la seguridad alimentaria y el cambio climático desde una visión tecnocrática y economicista, dejando de lado la parte holística, agroecológica y sociocultural, que implica

considerar la visión de las naciones indígenas originarias sobre el planeta, donde la sociedad es considerada como parte de la misma.

En ese sentido, la experiencia institucional del Centro Universitario AGRUCO, basada en la Investigación Participativa y Revalorizadora (IPR), formación e interacción social contribuye de manera significativa en este tema.

En un trabajo de investigación desarrollado entre septiembre del 2011 y enero de 2012, sobre las percepciones campesinas, prácticas, estrategias y lecciones aprendidas relacionadas con la adaptación al cambio climático en tres comunidades (Esquillani, Ovejuyo y Chivimarca) del distrito Leque en el municipio de Tapacarí y descrito de manera resumida en este artículo se pretende explicar las percepciones campesinas locales y los cambios en el comportamiento de los bioindicadores del tiempo y el efecto de ello en la planificación agrícola del cultivo de la papa como consecuencia del cambio climático.

### ***Contexto agroecológico de la zona de estudio***

La investigación fue realizada en el municipio de Tapacarí, mismo que cuenta con 5 distritos que son: Challa, Leque, Tapacarí, Tunas Vinto y Ramadas.

Tapacarí se sitúa al sud-oeste del departamento de Cochabamba, entre la región altiplánica de los departamentos de Oruro y La Paz y los valles de Cochabamba.

Presenta una fisiografía netamente montañosa y altiplánica de relieve muy accidentado, con pendientes irregularmen-

te pronunciadas, combinadas con importantes sectores plano-ondulados. Alcanza altitudes que oscilan desde 3900 a 4600 msnm, lo que repercute en condiciones climáticas duras y exigentes, teniendo un promedio de temperaturas que oscilan entre -6°C bajo cero en época de invierno y 8°C en el resto del año.

Se tiene también un periodo donde las lluvias son más frecuentes que corresponde a los meses de noviembre a febrero, con un promedio de precipitación que varía entre 400-600 mm/año, periodo en cual se desarrollan los cultivos (*AGRUCO 2003, Plan de Desarrollo Municipal de Tapacarí 2003-2007. Documento inédito*).

La base económica es la producción agropecuaria que casi en su totalidad es a secano y está expuesta a los frecuentes riesgos de heladas, granizadas y sequías, lo que junto con el deterioro de la calidad de las semillas nativas y la erosión de los suelos determinan una baja productividad e ingresos para las familias campesinas que optan cada vez más por la migración hacia las poblaciones urbanas.

Tapacarí al contar con diversos pisos ecológicos (puna alta, puna, cabecera de valle y valle), ha podido generar diversas estrategias de producción agroecológica, en las que se encuentra el manejo y la distribución del espacio-tiempo de los cultivos, la misma que parte de la predicción climática para poder planificar una serie de actividades en el ciclo productivo.

Sin embargo, debido a la vastedad del territorio del municipio de Tapacarí, se optó por escoger como unidades de análisis mayor, a tres comunidades (Es-

quillani, Ovejuyo y Chivimarca), pertenecientes al Distrito Leque, mismas que cumplieron con los criterios de selección previstos por el proyecto.

El objetivo general de la investigación fue determinar las prácticas, estrategias y lecciones aprendidas relacionadas con la adaptación al cambio climático en tres comunidades (Esquillani, Ovejuyo y Chivimarca) del Distrito Leque del Municipio de Tapacarí.

## Metodología

Para este estudio, se utilizó como metodología, la investigación participativa revalorizadora (IPR), misma que nos acerca más a un marco que nos permite compartir experiencias y desarrollar una relación dialógica con las y los actores locales que participan en el estudio. Esto es, una mejor comprensión de sus experiencias vivenciales, su situación particular, su percepción del mundo, del cambio climático y de la realidad comunal que a veces es obviada por las instituciones de desarrollo.

*Enfoque metodológico y técnicas de investigación aplicadas.* AGRUCO desarrolló un enfoque teórico - conceptual metodológico que se ha denominado como **Enfoque Histórico – Cultural – Lógico (HCL)**, el cual interpreta cada hecho de la vida cotidiana de las familias indígena originaria campesinas a partir de tres ámbitos de vida: la vida social, la vida material, y la vida espiritual<sup>1</sup> como parte de la vida coti-

<sup>1</sup> La vida social significa de manera integral, la vida en sociedad que conforman los seres vivientes con los cuales se comparte el espacio tiempo para hacer posible la reproducción de la vida. La vida material se refiere de manera integral, a las fuerzas espirituales materializadas o densificadas que hacen posible en la tierra, y a todos los aspectos relacionados a la vida material, a los

diana, traduciéndose estos elementos en la esencia de este enfoque que nos permitió en este caso descifrar e interpretar las percepciones campesinas sobre el cambio climático. En cuanto a técnicas de investigación para la construcción de conocimientos se aplicó los estudios de caso, las entrevistas semiestructuradas, la observación participante, los mapas parlantes y los grupos de discusión o talleres comunales, todos ellos a través de una vivencia y convivencia plena entre el equipo de investigadores y las familias involucradas de las comunidades señaladas.

## Resultados y discusión

*Percepciones campesinas y manejo de indicadores del tiempo para la gestión de riesgos agroclimáticos.* Para la zona andina de Cochabamba y en especial para aquellas ubicadas en el distrito de Leque, no existe un servicio de pronóstico agrometeorológico que permita la planificación, prevención de los riesgos y toma de decisiones de los productores, respecto a ¿que sembrar? ¿dónde hacerlo y cuando? Frente a ello, las comunidades indígenas campesinas siguen utilizando sus conocimientos y estrategias que han heredado de sus antepasados, para relacionarse de manera más armoniosa con su entorno y el clima. En consecuencia, para prevenir y reducir los riesgos agroclimáticos en la campaña agrícola venidera, recurren a sus conocimientos ancestrales recreados en base a un método de prueba y error (Mariscal, 2010).

cuales podemos percibirlos más fácilmente y con los cuales los seres vivos entrarán en contacto cotidiano. La vida espiritual se refiere de manera integral a todas las fuerzas invisibles (espirituales), provenientes del Cosmos exterior, las cuales dinamizan la vida total, con carácter eterno y que envuelve, baña a todo y a todos. (Delgado y Tapia, 1998).

Las comunidades campesinas de Esqui-lani, Ovejuyo y Chivimarca, al ser parte de la Cultura andina del país, ven su entorno natural como un ser viviente que es conocido como la “Pacha”, el mismo es concebido como un ser vivo, que tiene la capacidad de sentir, alimentarse, escuchar y enviar señas a los humanos.

La Pachamama es la madre tierra que cobija y ampara a los seres vivientes, motivo por el cual los pobladores del campo sienten un profundo respeto, cariño y reciprocidad a los que esta representa.

En este sentido, en las comunidades señaladas en los últimos años se ha hecho evidente el cambio climático, traducido especialmente en el comportamiento caprichoso del clima que ha obligado a los productores a hacer un reacomodo de su calendario agropecuario-ritual, y plantear nuevas estrategias de producción para escapar y distribuir el riesgo climático, como se menciona en el siguiente testimonio:

*“No se puede predecir el tiempo, cualquier momento llueve, hace mucho calor, da pena, no sabemos que pasara más después, todo está cambiado (testimonio de Martha Vilca, comunidad de Chivimarca, 2011)”.*

Este hecho demuestra que las comunidades campesinas, están viviendo una especie de incertidumbre frente al cambio climático que cada vez se hace mas perceptible, situación que les obliga a ensayar una serie de estrategias locales para adaptarse y/o hacer frente a los fenómenos climáticos adversos, como por ejemplo el manejo de indicadores del clima, entre fitoindicadores, zoindicadores e indicadores atmosféricos.

En el Cuadro 1 se muestra los principales bioindicadores, que utilizan las comunidades de la zona estudiada, para tratar de entender el comportamiento del tiempo futuro, a corto y mediano plazo, y en base a ello prevenir los riesgos agroclimáticos.

Observando los resultados del cuadro, se identifica que casi todas las especies vegetales, utilizadas como indicadores, son silvestres, adaptadas a las características del suelo y del medio ambiente local, además que las mismas se desarrollan precisamente en la época de invierno hasta los meses cercanos a las primeras lluvias, antes de las siembras agrícolas en septiembre-octubre, permitiendo hacer un seguimiento de sus reacciones al medio ambiente y definiendo paralelamente las estrategias a seguir en cada ciclo agrícola.

Por otra parte, se puede observar que este tipo de indicadores se caracterizan por realizar predicciones a largo plazo abarcando un ciclo agrícola.

#### ***Nivel de confiabilidad de los indicadores del clima en los ciclos agrícolas.***

Según Chirveches (2006), la característica de los pueblos andinos es que perciben el tiempo de dos formas: de una manera cíclica iniciada por la siembra, seguida por las labores culturales, la cosecha y la poscosecha, para nuevamente comenzar con un nuevo ciclo de siembra y así sucesivamente; sin embargo también tienen que percibir el tiempo de una forma lineal en horas, minutos, segundos, pasado, presente o futuro, a diferencia de la cultura occidental que percibe el tiempo linealmente.

**Cuadro 1.** Fitoindicadores observados en las tres comunidades intervenidas referidos a la producción de papa

Comunidad	Nombre	Características observadas (actitud) y fecha de observación	Indicadores aplicados (predicción)	Nivel de confiabilidad
				Actividad agrícola (siembra, cosecha, pos cosecha)
Esquillani	Ulala ( <i>Erioceraus tephacantus</i> )	Septiembre a octubre, cuando florece bien, todos abren los pimpollos como sombreros blancos de los comunarios (cada planta contiene 4 a 8 pimpollos)	Significa buena producción de papa y buen año	Siembra de papa en mayor superficie
		Septiembre a octubre, si florea poco o aparecen medio quemadas las flores de la planta de ulala	Mal año, muy poca producción de papa	Siembra de papa en menor superficie
		Septiembre a octubre, floración anticipada	Adelanto de las lluvias	Siembra adelantada de la papa
		Septiembre a octubre, floración intermedia	Lluvias intermedias	Siembra intermedia
		Septiembre a octubre, floración atrasada	Lluvias atrasadas	Siembra atrasada
		Septiembre a octubre, frutos grande de la ulala	Tubérculos grandes de papa	Siembra de papa en mayor superficie
		Septiembre a octubre, frutos pequeños de la ulala	Tubérculos pequeños	Siembra de papa en menor superficie, diversificación de cultivos
	Jot'a (planta de la zona)	Septiembre a octubre, cuando florece abundantemente en las primeras semanas de septiembre	Buena producción de papa y buen año de las abundantes lluvias.	Siembra adelantada
		Septiembre a octubre, abundante flor en la primera quincena de septiembre	Buen año pero con presencia de heladas	La siembra de papa será intermedia
		Septiembre a octubre, cuando tiene poca floración y se mantiene hasta finales del mes de septiembre en las alturas	Año con heladas y sequía	La siembra papa será atrasada
		Septiembre a octubre, no florece, tiene poca flor o aparece quemada sus flores	Mal año y con muchas heladas	Siembra de papa en menor superficie
	Puscallu ( <i>Opuntia boliviana</i> ) Laqho ( <i>Baccharis penlandy</i> )	Septiembre a octubre, cuando fructifica hasta la maduración	Buen año no habrá heladas y habrá buena producción de papa	Siembra de papa en mayor superficie
		Septiembre a octubre, cuando las flores no llegan a fructificar se queman y caen las flores muertas	Mal año con presencia de heladas	Siembra de papa en menor superficie
		Agosto a septiembre, las algas en los ríos se tornan abundantes de color verde	Buena producción	Siembra de papa en mayor superficie

... cuadro 1, continuación ...

Comunidad	Nombre	Características observadas (actitud) y fecha de observación	Indicadores aplicados (predicción)	Nivel de confiabilidad
				Actividad agrícola (siembra, cosecha, pos cosecha)
Esquillani	Puscallu ( <i>Opuntia boliviana</i> ) Laqho ( <i>Baccharis pentlandii</i> )	Septiembre a octubre, cuando fructifica hasta la maduración	Buen año no habrá heladas y habrá buena producción de papa	Siembra de papa en mayor superficie
		Septiembre a octubre, cuando las flores no llegan a fructificar se queman y caen las flores muertas	Mal año con presencia de heladas	Siembra de papa en menor superficie
		Agosto a septiembre, las algas en los ríos se tornan abundantes de color verde	Buena producción	Siembra de papa en mayor superficie
Ovejuyo	Wajrawayu (planta de la zona)	Principios de octubre, cuando empieza la floración	Tiempo de siembra	Se inician las siembras de papa
	Churistik'i ( <i>Berberis</i> sp.)	Septiembre a octubre, cuando tiene muchas flores	Tiempo de siembra	Se inician las siembras de papa
	Muña ( <i>Satureja boliviana</i> )	Agosto a septiembre, cuando florece abundantemente en toda la planta	Buen año	Mayor superficie de siembra de la papa
Chivimarca	Huaraco ( <i>Echinopsis maxmilliano heyderi</i> )	Octubre y noviembre, cuando todas las flores llegan a la maduración a fructificar	Año productivo	Mayor superficie de siembra de la papa
		Octubre y noviembre, cuando las flores no llegan a fructificar y se caen	Mal año, no habrá producción	Siembra de papa en menor superficie
	Jhot'a (Irpaip'a) (planta de la zona)	Octubre y noviembre, cuando florece abundantemente	Buena producción de papa y buen año	Se prioriza el cultivo de papa con siembra en mayor superficie
		Octubre y noviembre, cuando tiene poca floración con quemaduras y se mantiene hasta finales de noviembre	Año con heladas y sequía la siembra de papa debe ser atrasada	Retraso en la siembra de papa

Fuente: Elaboración propia, en base a talleres y entrevistas en las comunidades involucradas.

Esto ha permitido que los predictores climáticos sean observados en las comunidades de Tapacarí en ciclos específicos: preproductivo (la época de estiaje) y productivo (la época lluviosa).

El Cuadro 2 hace referencia al calendario de lectura de indicadores en función a estos ciclos. Si se hace un análisis del cuadro, se observa las características de éstos dos ciclos presentes en un periodo agrícola:

Pre-productiva (época de estiaje), que comienza en la época seca del año entre los meses de abril a septiembre, caracterizada por la observación de señas a largo plazo, donde se determina las características del año agrícola que se aproxima, estableciéndose las estrategias de prevención y mitigación de daños, como la siembra sincronizada (temprana, intermedia o tardía) y el manejo de pisos ecológicos y/o microclimas (siembra en la zona de valles, cabecera de valles, prepuna y puna).

Productiva (época lluviosa), que se inicia en septiembre y abarca todo el período vegetativo de los cultivos hasta la época de cosecha, donde se presentan la mayor cantidad de riesgos climáticos, motivo por el cual los predictores son de corto plazo. La predicción del clima se la realiza a diario pero siempre enmarcada en la previsión general que se hizo en el ciclo “pre-productivo”. En este periodo las señas anuncian el inicio y retiro de las lluvias, los cambios drásticos de temperatura y presión atmosférica (heladas y granizadas) y su incidencia sobre los cultivos.

Observando estos dos ciclos, se puede determinar la importancia de la percepción cíclica del tiempo que combinado con la predicción climática, permite el desarrollo de la producción de todos los cultivos andinos, especialmente de la papa, garantizando por tanto, la seguridad alimentaria de las comunidades consideradas. Al respecto, Regalski y Hosse (2009), consideran que a través de la lectura de estas señas, y de acuerdo a un cierto consenso que se va formando primero dentro de la familia, y luego en el conjunto de la comunidad a través del intercambio de opiniones sobre los sucesos que se van observando, se programan las acciones tanto del

conjunto del ciclo, como de las tareas dentro de él en función al calendario agrícola.

Es también importante resaltar que hay un conocimiento convencional u homogéneo entre los campesinos, como también a nivel de las tres comunidades estudiadas, sobre la gran variabilidad de indicadores que observan (plantas, animales, fenómenos meteorológicos y astros), los cuales son asociados con la decisión del periodo de siembra (adelantada, intermedia o tardía) o sobre el piso ecológico o microclima (solano-umbrano) preferencial para la siembra: en las zonas bajas o en las laderas de los cerros.












Pronósticos que les conduce también a la decisión de qué tipo de especies o variedades de semillas deberá sembrarse más o menos acorde con esos cambios en el tiempo climático, relacionando de esta manera la predicción climática con el manejo de la gestión del riesgo.

Sin embargo, se debe reconocer que existe una fuerte erosión de estos conocimientos<sup>2</sup>, debido a dos elementos centrales que se están ejerciendo en las comunidades intervenidas: los aspectos socioeconómicos y socioculturales provenientes de factores externos, y la incertidumbre en la predicción generada por el cambio climático.

---

<sup>2</sup> Para el propósito de revalorizar, recrear y dar vigencia a las sabidurías, y tecnologías campesinas AGRUCO tiene como metodología la elaboración de cartillas de revalorización que contribuyen a dinamizar los aprendizajes y experiencias de las comunidades campesinas. En el marco de este proyecto se han sistematizado 10 cartillas de revalorización sobre indicadores del clima en las tres comunidades consideradas.

**Cuadro 2. Calendario de observación de los predictores climáticos para la papa, en la provincia Tapacari**

CICLO	MES	PREDICTORES OBSERVADOS	RITOS Y ACTIVIDADES REALIZADAS	AMENAZAS CLIMÁTICAS
Preproductivo (época de estaje)	May.		Ritipisiko, Algarrobo, brotes de papa, movimientos de luna	- Heladas
	Jun.		Chiwanku, churisiqui, muña, vallera, papa brotes, laq'o, arco iris, cielo, escarcha, estrellas, estrellas gallanas, luna	- Nevadas - Heladas
	Jul.		Zorro, chiwanku, churisiki, muña, vallera, laq'o, arco iris, cielo, escarcha, estrellas, estrellas gallanas	- Nevadas - Heladas - Erosión eólica
	Ago.		Arañas, zorro, churisuquij, muña, vallera, laq'o, ulala, nubes, vientos, cielo, humedad en las piedras, estrellas gallanas	- Nevadas - Granizos - Heladas - Erosión eólica
	Sep.		Grillo, luciérnaga, pichitanka, durazno, churisuki muña, ulala, nubes, neblina, vientos, luna	- Granizos - Nevadas
Productivo (época lluviosa)	Oct.		Escarabajo, luciérnaga, Ratones, waiku, churisiqui, muña, huarago, nubes, vientos, luna	- Granizos
	Nov.		Arañas, lombriz, hormigas, zorro, ratones, perdz, churisiqui, huarago, tumbo, nubes, vientos, arco iris, luna	- Granizos - Erosión hídrica
	Dic.		Arañas, lombriz, hormigas, gato, sapo, perdz, yakayaka, pichitanka, tumbo, vientos, arco iris, neblina, luna	- Granizos - Erosión hídrica - Inundaciones
	Ene.		Arañas, lombriz, hormigas, gato, sapo, perdz, carpintero, durazno, tumbo, nubes, vientos, arco iris, neblina, luna	- Inundaciones o sequías - Erosión hídrica
	Mar		Lombriz, hormigas, sapo, perdz, carpintero, herrero, huayllata, tumbo, nubes, vientos, arco iris, luna	- Inundaciones o sequías - Erosión hídrica
	Feb		Mosca grande, huayronqo, sapo, loq'osti, arco iris	- Inundaciones o sequías - Erosión hídrica
	Abr		Mosca grande, huayronqo, herrero, ritiphisqo, algarrobo	- Inundaciones o sequías - Erosión hídrica

Fuente: Chirveches (2006).

***Incertidumbre en la predicción climática generada por el cambio climático.*** No cabe duda que el cambio climático genera una serie de incertidumbres y cuestionamientos a la exactitud de la predicción climática, o si estos indicadores siguen funcionando. Si analizamos algunos testimonios obtenidos en la etapa de investigación, es el caso de Don Andrés Colque:

*Antes se podía predecir el tiempo, ahora ya no se puede, el tiempo ha cambiado mucho, hace mucho calor, mucho viento y muchas heladas en época de producción y en época de invierno para elaboración de chuño no hay o muy poco tiempo, ya no se puede hacer el chuño (testimonio de Andrés Colque, comunidad de Chivimarca, 2011).*

Queda por pensar que la predicción climática ya no funciona o no sirve, por lo tanto se deben buscar nuevas alternativas para adaptarse al cambio climático. Sin embargo, analizando la procedencia de estos testimonios, se pudo concluir que estas personas son relativamente jóvenes, con poca experiencia, o falta de conocimiento en el manejo de indicadores de predicción climática.

Por todo ello, los bioindicadores no determinan por si solos una predicción acertada, pues es necesario observar varios indicadores de la naturaleza y el cosmos e intercambiar sus percepciones entre agricultores; cada uno tiene distinta preferencia en observar determinados bioindicadores. Otros agricultores indican que observan y siguen a las personas que más conocimientos tienen en el pronóstico del tiempo que, por lo general, son los más ancianos. La época clave para lectura de los bioindicadores es durante los primeros días de agosto.

***Estrategias agroecológicas para la reducción de riesgos climáticos.*** La gestión de riesgos no es algo nuevo, no solo para

las comunidades en estudio, sino también para toda la región de los Andes, ya que a través de los siglos se han ido creando una serie de mecanismos y estrategias de defensa contra las amenazas ambientales, sobre todo en aspectos agronómicos, parte central en la que basan su seguridad y soberanía alimentaria.

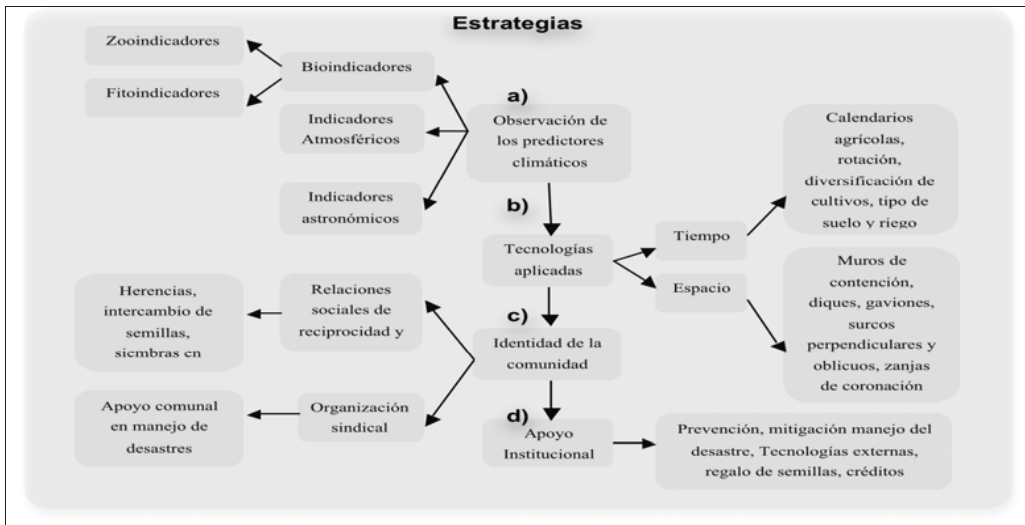
Sin embargo, en la cosmovisión del mundo andino, no cabe el concepto de “gestión del riesgo climático”, como una actividad instrumental frente al comportamiento de la naturaleza, todas las manifestaciones del clima son consideradas como personas con quienes se conversa, se convive y se corresponde. Más que una concepción fatalista del “riesgo natural”, lo que hay es un conocimiento y sabiduría fina sobre el comportamiento de la naturaleza, una mirada de respeto, reciprocidad, conversación y acomodo a los “caprichos” de la naturaleza (Médicos Mundi, 2003).

En la perspectiva de que una investigación acción participativa revalorizadora, es necesario considerar concepciones, visiones y percepciones de los actores locales sobre el cambio climático y la gestión de riesgos que esto conlleva, a continuación haremos una descripción y análisis de las estrategias agroecológicas y como son manejadas en relación a las amenazas presentes para el cultivo de la papa en esta zona.

La Figura 1 claramente muestra que las estrategias de defensa frente a las amenazas se basan en cuatro ejes centrales que son: a) la observación de los predictores climáticos, b) las tecnologías aplicadas, c) la identidad cultural de la comunidad, y d) el apoyo institucional que precisa de fondos financieros, sobre los cuales se ramifican diversas alternativas para poder relacionarse con un medio tan diverso como el de *Los Andes*.

Entonces, estas estrategias agroecológicas diseñadas en base a experiencias propias de los propios productores han funcionado y funcionan de manera efectiva porque engloban diversos aspectos que tienen que ver con tecnologías y prácticas de produc-

ción, sabidurías, y vivencias propias y han sido útiles a estas comunidades para garantizar ciclos productivos agropecuarios en estos tiempos de incertidumbre y cambio climático.



**Figura 1.** Estrategias agroecológicas de las comunidades de Esquillani, Ovejuyo y Chivimarca para gestionar el riesgo climático  
(Fuente: Elaboración propia en base a Chirveches, 2006)

## Conclusiones y lecciones aprendidas

En la actualidad no cabe duda que existe un cambio en el comportamiento del clima, fruto del aumento gradual de la temperatura promedio, que está generando una serie de contratiempos en el desarrollo normal de la producción agrícola de las tres comunidades campesinas involucradas en el proceso de investigación; las percepciones de los actores locales han determinado que los problemas en la producción agropecuaria se han ido materializando en sequías prolongadas, acortamiento e intensidad del período de lluvias, como también en granizos y heladas no controlables por los actores locales.

Históricamente las comunidades campesinas de Bolivia han vivido y sobrevivido a las inclemencias del tiempo, es decir

que el proceso de producción agropecuaria siempre ha sido de alto riesgo, lo que implica que los fenómenos climáticos adversos que están ocurriendo no son tan novedosos, pero sí de gran preocupación.

Ante este hecho las comunidades campesinas de manera sabia han diseñado y practicado una serie de estrategias agroecológicas para hacer frente al riesgo constante, para asegurar las cosechas y por ende garantizar la seguridad y soberanía alimentaria.

Aunque los indicadores del clima (fitoindicadores, zooindicadores, indicadores astronómicos) que siempre se han aplicado frente al riesgo climático, no están funcionando como hace unos años atrás, las comunidades campesinas de esta zona, están reaprendido a leer el comportamiento de estos indicadores, de manera tal que

estén adecuados a los cambios que actualmente se están percibiendo de manera clara en el contexto rural.

Frente a ello, la predicción climática como alerta temprana, es el pilar sobre el que se basa la gestión del riesgo en las tres comunidades estudiadas, no existen las amenazas climáticas en la visión campesina hasta que estas son pronosticadas por los indicadores, iniciándose así todo un tejido de estrategias vitales que determinan un calendario productivo donde entra en juego la ritualidad, las relaciones sociales, los arreglos espacio-temporales de los cultivos, y las técnicas de producción tradicionales y adoptadas.

En ese entendido, se puede considerar a los predictores climáticos como parte de las estrategias agroecológicas comunales de reducción de riesgos de desastres, basados en el conocimiento vaticinador, ya que al existir evidencia de que hombres y mujeres del campo basan sus siembras y cosechas de sus cultivos y otras decisiones de producción en los sistemas de conocimiento local, desarrollado durante años de observaciones y experiencias.

El manejo de pisos agroecológicos, pisos altitudinales o microclimas y el manejo de ciclos de cultivo paralelos para diversificar la producción agrícola desde tiempos ancestrales han sido otra de las estrategias interesantes que ha permitido no solo escapar y distribuir el riesgo climático, sino también una práctica de enfrentar y gestionar los riesgos ambientales en base a saberes y conocimientos locales fortalecidos por los conocimientos científicos que apoyan a “transferir” las instituciones de desarrollo públicas y privadas.

Finalmente, muchos investigadores, entre ellos San Martín (1998), Regalsky y Hosse (2009), y otros estudiosos de la agricultura y cultura andina coinciden en indicar que durante la historia ya ocurrieron fenómenos similares al actual cambio climático, pero lo nuevo es darnos cuenta que nuestra vulnerabilidad como humanidad no ha desaparecido con el desarrollo tecnológico.

## Referencias citadas

- Chirveches, M. 2006. Percepción campesina del clima y gestión del riesgo en la actividad agropecuaria en el PNT. Caso de las comunidades de Tirani (Municipio de Cercado) y Chorojo (Sipe Sipe). AGRUCO, FCAyP-UMSS. Tesis de Maestría.
- Delgado, F., Tapia, N. 1998. Políticas y estrategias de la investigación agroecológica y revalorización del saber local. Serie Memorias, Nro. 5.
- Mariscal, J. 2010. El comportamiento de los bioindicadores y el cambio climático en comunidades campesinas de la zona andina de Cochabamba. AGRUCO-BIOANDES. Artículo no publicado.
- Médicos Mundi. 2003. Percepciones culturales sobre riesgo natural y relaciones de género en comunidades del extremo norte de Potosí. Proyecto *Fortalecimiento de las Capacidades para la Prevención de Desastres Naturales en el Extremo Norte de Potosí*. Segundo Informe. Documento inédito.
- Regalsky, P., Hosse, T. 2009. Estrategias Campesinas Andinas de Reducción de Riesgos Climáticos. Cochabamba. CENDA-CAFOD.
- San Martín, J. 1998. UKAMAPI. Así no más es pues. En la búsqueda del enfoque para el desarrollo rural autosostenible. UMSS-AGRUCO, Cochabamba, Bolivia.

*Trabajo recibido el 25 de septiembre de 2014 - Trabajo aceptado el 26 de agosto de 2015*

# NORMAS GENERALES DE FORMATO Y ESTILO EN LA REVISTA DE AGRICULTURA

**1. Estilo:** Cada aporte debe constar como mínimo de un título (con su traducción en inglés); nombre (s) del autor (es), el nombre de la institución responsable de la publicación, si es el caso, y direcciones para poder contactarse. Resumen de 200 palabras como máximo ( con su respectiva traducción en inglés). Problemática o antecedente o introducción; desarrollo del artículo y por último referencias sobre las cuales se basaron para realizar el artículo. Todo el texto será redactado en español o castellano depurado. Se seguirán las reglas de redacción y ortografía de la lengua, con acepciones y giros que respeten la pureza del lenguaje, evitando en lo posible el uso de expresiones en otras lenguas. Se preferirá la voz activa. Se evitará toda imprecisión y rodeos.

**2. Sistema de medidas:** Se usará el Sistema Internacional de Medidas, con sus respectivas abreviaciones oficiales

## 3. Texto, tablas y figuras

**3.1 Texto:** El texto puede ser escrito en el procesador de texto Microsoft Word ® (cualquier versión), con letra Times New Roman 12 puntos. Su redacción deberá evitar oraciones y párrafos muy largos. Es preferible el punto seguido a la coma o punto y coma. El papel a utilizar será de tamaño carta con márgenes de 2.5 cm alrededor.

**3.2 Cuadros:** Los cuadros autoexplicativos, deberán expresar información (numérica) bien organizada y en forma simple, con pocas columnas y líneas, por ejemplo 4 columnas por 4 líneas. Los títulos de los cuadros deberán estar arriba de los mismos.

**3.3 Figuras:** Por figuras se entiende diagramas, gráficos, dibujos y mapas. Los gráficos numéricos deberán editarse en Microsoft Excel ® (cualquier versión), e insertarse en el documento con posibilidad de acceso a Excel desde el documento. La información a presentarse en las figuras debe ser sintética, resaltando lo más importante. Puestas en manera autoexplicativa no requerirán de abundantes aclaraciones al pie. En el caso de gráficos, se debe utilizar preferiblemente líneas o barras nítidas colocando los valores que generan el gráfico. En el caso de gráficos de dispersión, se deberá adjuntar la

base de datos correspondiente en una tabla de Excel. Los títulos de las figuras deberán estar debajo de las mismas.

**4. Fotografías:** Las fotografías se aceptarán en número necesario y con temática específica. Algunas buenas fotografías pueden ser: síntomas de enfermedades a color con enfoque y acercamiento necesarios para su autoexplicación; resultados de técnicas especiales macro o microfotografiadas, con color o monocromáticas. Se debe enviar el archivo electrónico de las fotografías en formato jpeg con 300 dpi como mínimo de resolución y como mínimo de tamaño postal. Los títulos de las fotografías deberán estar debajo de las mismas.

**5. Referencias bibliográficas:** En el texto del documento, se citarán los apellidos de los autores y los años de publicación. Todos los libros citados en el documento deben aparecer con su referencia completa en la parte de Referencias, en el debido orden alfabético.

**6. Tipo de artículos y condiciones:** La "Revista de Agricultura" recibe artículos técnicos de todo el país y el exterior. Los trabajos deben ser originales y no deben exceder de 8 páginas a renglón seguido y además deben contar con su resumen, que no se exceda de las 200 palabras y su respectiva traducción en inglés. Los trabajos (en especial los de la categoría de artículos científicos) deberán proporcionar información sobre aspectos climáticos, edáficos, diseño experimental empleado, ubicación geográfica del lugar o lugares de trabajo.

**7. Información para contacto:** Es necesario que por artículo se envíe el correo electrónico del primer autor para que nuestros lectores puedan comunicarse sí así lo requirieran. Además que debe enviarse el nombre completo de los coautores.

**8. Extensión de artículos:** Los artículos deberán tener una extensión de 8 páginas como máximo. Todos los trabajos serán revisados por el Comité Editor y su publicación dependerá de las decisiones técnicas de este Comité.



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 y forestales



## 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)

El presente número de la Revista de Agricultura cuenta con el apoyo de la Dirección de Investigación Científica y Tecnológica de la Universidad Mayor de San Simón, en el marco del Programa Horizontal de Fomento a la Investigación - Subprograma Apoyo a Proyectos de Divulgación Científica (Convocatoria 2015).



La REVISTA DE AGRICULTURA en internet:

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

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