



Volumen 4, número 9 - 2017

ISSN 2520-9787

RIAFB

Revista *de Investigación*
Agropecuaria y Forestal Boliviana





Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal

Dirección Nacional de Investigación

**Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal
Boliviana – RIAFB**

Evo Morales Ayma

Presidente del Estado Plurinacional de Bolivia

César Hugo Cocarico Yana

Ministro de Desarrollo Rural y Tierras

Marisol Solano Charis

Viceministra de Desarrollo Rural Agropecuario

Carlos Osinaga Romero

Director General Ejecutivo - INIAF

Félix Marza Mamani

Director Nacional de Investigación - INIAF

Comité editorial

Editor principal

Dr. Félix Marza Mamani, Ph.D.

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF

Director del Comité

Ing. Eddy Barreta Pinto

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF

Editor en inglés

Bruno Condori Ali, Ph.D.

United States Department of Agriculture - USDA

Editor Técnico

Carmen Rosa Castillo Gutiérrez, Ph.D.

Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés

Comité editorial nacional

- Tito Claure, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF
- René Guzmán, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF
- Félix Mamani, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés
- Magali García Cárdenas, Universidad Mayor de San Andrés
- Tania Ángela Terán Mita, Consultora PNUD
- Lykke E. Andersen, Consultor INESAD
- Willman García Fernández, Universidad Católica Boliviana- Regional Cochabamba
- María Sonia Laura Valdez, - Promoción de la Sustentabilidad y Conocimientos Compartidos –PROSUCO
- Luis Acosta, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF Tarija
- Oscar Vera, Facultad de Agronomía, Universidad San Francisco Xavier
- Emilio García Apaza, Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Mayor de San Andrés

Comité editorial internacional

- Carlos Gracia, Universidad de Barcelona, España
- Javier Arias Carbajal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
- Rubén Mamani Paco, Environmental Engineering Department, Saint Francis University
Loretto, PA, Estados Unidos
- Alipio Cañahua Murillo, Universidad Nacional del Altiplano - Proyecto LATINCROP, Perú
- Federico Carlos Frank, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTAL, Argentina

Comité científico

- Xuebing Xu. Ph. D. Biocentrum Instituto de Biotecnología de Dinamarca.
- Vijaya Raghavan. Ph. D. Universidad de Mc Gill de Canadá.
- Byong Lee. Ph. D. Universidad de Mc Gill de Canadá.
- Rizaldi Boer, Centre for Climate Risk and Opportunity Management in Southeast Asia and Pacific of Bogor Agricultural University, Indonesia
- María del Carmen Hidalgo, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Mayor de San Andrés

Producción editorial

- Sonia Susana Hannover Saavedra – COGNITIO
- Cristina Mejía Alarcón - COGNITIO

PRIMERA IMPRESIÓN 1000 EJEMPLARES

Diseño: COGNITIO SRL.

Antiguo ISSN (periodo 2013 - 2016)

ISSN 2308-250X

Nuevo ISSN (desde 2017)

ISSN 2520-9787

Título Clave: Revista de investigación agropecuaria y forestal boliviana

Título clave abreviado: Rev. investig. agropecu. for. boliv.4(9)2017

Título paralelo: RIAFB

Depósito legal:

© Copyright: 2017

Revista Científica de Investigación Agropecuaria y Forestal RIAFB 2017, volumen 4, número 9.

Los editores han sido cuidadosos de reproducir los artículos publicados en esta revista, pero las ideas y opiniones de los artículos son de entera responsabilidad de los autores. Se permite la reproducción total o parcial de los artículos de la presente Revista por cualquier medio con el debido cite de la fuente respectiva. Se agradecerá el envío de un ejemplar.

Dirección oficina central:

Calle Batallón Colorados No. 24 Piso 16. Edificio El Cóndor. La Paz-Bolivia.

Presentación

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), es la autoridad nacional competente y rectora del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – SNIAF, que regula y ejecuta la investigación, transferencia de tecnología, capacitación, producción y servicios en el ámbito agrícola, pecuario, forestal y acuícola; así como la gestión de los recursos genéticos y los servicios de certificación de semillas. Este orden de competencias, centra a la investigación como el primer eslabón en el proceso de innovación, de esta manera los actores que componen el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal que constantemente realizan actividades de investigación y gestión de los recursos genéticos, en búsqueda de alternativas y soluciones a diferentes contextos de producción agropecuaria, encuentra en la Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana – RIAFB, un espacio formal para la publicación y socialización de los resultados de la investigación científica, como un paso fundamental en la generación de conocimientos válidos y reconocidos por la comunidad científica nacional e internacional.

En este contexto, la primera revista científica del INIAF, indexada a nivel internacional, reúne un conjunto de artículos científicos que se convierten en un gran aporte para el conocimiento agropecuario en los diferentes rubros seleccionados en esta oportunidad.

Buscando la liberación científica y tecnológica, invitamos a quienes hacen investigación a lo largo y ancho del territorio nacional, a presentar y publicar en la siguiente edición y lograr la vigencia de esta revista a nivel internacional.

Ing. M.Sc. Carlos Osinaga Romero

DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO

INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL

Editorial

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Agroforestal - INIAF, a través de la Dirección Nacional de Investigación, DNI, impulsó la iniciativa de contar con una herramienta de difusión a través de la Revista de Investigación, Info INIAF, cuyo primer y último número se editaron el 2013 y 2016 respectivamente. Considerando la importancia de socializar resultados de procesos de investigación así como metodologías, el contenido, incluyó notas técnicas, revisiones bibliográficas, comunicaciones cortas, análisis y comentarios. Los ocho números de la revista Info-Iniaf, fueron integrados a la Red Scielo, siendo el primer paso, su registro en el portal de Revistas Bolivianas www.revistasbolivianas.org.bo.

La revista Info INIAF constituyó una importante iniciativa de comunicación por el periodo de su vigencia; sin embargo, con la meta puesta en el fortalecimiento de la misma y en esta línea proporcionarle el carácter científico, incluir el arbitraje de pares para la revisión y aprobación, contar con un consejo editorial y una periodicidad, la DNI, emprendió el proceso de indexación progresiva a base de datos internacionales a efectos de constituir una instancia de comunicación científica de referencia nacional e internacional.

Entendiendo la necesidad de capitalizar artículos inéditos a través de una instancia competitiva y objetiva de comunicación, la DNI decidió emprender la restructuración de la revista en aras de alcanzar estándares de publicación en línea con normas editoriales internacionales, que van correlacionadas con la calidad de información. Con el objetivo mencionado, se gestó la Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana – RIAFB, que publique artículos originales provenientes de procesos de investigación de actores del sector generador de conocimientos del SNIAF y que la misma responda a criterios de calidad. Para cumplir con este propósito se ha conformado un Comité Editorial a nivel nacional con profesionales de Universidades, Instituciones públicas y privadas de Investigación, Cooperación Internacional y ONG's. Se han elaborado instrucciones para los autores y la gestión de la revista se realizará con el sistema OJS, que facilite el proceso y la transparencia de la misma.

El sentido anhelo de la DNI, es que la RIAFB pueda integrarse a las redes de conocimiento como son Scielo, Latindex, Redalyc y otros sitios en la red que difunden el conocimiento científico publicado en revistas científicas.

Dr. Félix Marza Mamani, Ph.D.
DIRECTOR NACIONAL DE INVESTIGACIÓN - INIAF

Contenido

1. Presentación

2. Editorial

3. Artículos originales

- Selección de híbridos de maíz con alto potencial productivo para el Chaco Boliviano 7
Selection of maize hybrids with high productive potential for Bolivian Chaco
Tito Claure, Carlos Marino, Pablo Ramos.
- Rendimiento y calidad de fruta de cuatro clones de banano (*Musa AAA*) en el subtrópico de la 15
Provincia Formosa, Argentina
Performance and fruit quality of four banana clones (*Musa AAA*) in subtropic of the Formosa
Province, Argentina.
Oscar Colque.
- Rendimiento y estabilidad fenotípica de diez variedades internacionales de trigo harinero en zonas 22
trigueras de Bolivia, 2015-2016
Performance and phenotypic stability of ten international varieties of wheat flour in Bolivia's
wheat areas, 2015 – 2016
Félix Marza, Roberto Butrón, Félix Quispe, Gilberto Gutiérrez y Lisset Vaca
- Tratamiento del agua en atajados del Chaco Boliviano, mediante tecnología biológica y su 35
valoración económica
Water treatment in artificial lagoons in the Bolivian Chaco through biological technology and its
economic valuation
María Hidalgo
- Avances en mejoramiento genético participativo del arroz para enfrentar los desafíos del cambio 45
climático en Bolivia
Advances in participatory genetic improvement of rice to meet the challenges of climate change
in Bolivia
René Guzmán; Alfonso Vedia y Eun Hee y Michel Vales
- Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija 56
Use of agricultural gypsum as an amendment in the cultivation of forage maize in the central
valley of Tarija
Luis Acosta, José Rivera, Félix Marza, Tito Claure

4. Artículos técnicos

- Información de *Chenopodium quinoa* W., *Chenopodium pallidicaule* A., y *Amaranthus caudatus* 63
en la base de datos del banco nacional de germoplasma de Bolivia en GRIN-Global
Information of *Chenopodium quinoa* W., *Chenopodium pallidicaule* A., and *Amaranthus caudatus*
in the database of the national bank of germplasm of Bolivia in GRIN -Global
Edwin Iquize

5. Artículos de revisión

- La langosta voladora (*Schistocerca cancellata*, S.) una plaga milenaria en Bolivia 75
The flying lobster (*Schistocerca cancellata*, S.) a milenary plague in Bolivia
Hugo Chambilla

6. Reseña

- Proyecto de Innovación y Servicios Agrícolas – PISA 84
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF

7. Comunicación breve

- Investigación estratégica: aplicada y adaptativa 89
Félix Marza

8. Instrucción a los autores

- Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana - RIAFB 91

Selección de híbridos de maíz con alto potencial productivo para el Chaco Boliviano

Selection of maize hybrids with high productive potential for Bolivian Chaco

Tito Claure ^{1*}, Carlos Marino ¹, Pablo Ramos ¹.

¹ Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)
Calle 10 de noviembre entre Avaroa 1 y Avaroa 2, Yacuiba.

* Email para correspondencia: telaure@hotmail.com

Resumen

El Programa Maíz del INIAF, ha orientado esta investigación con el objetivo de identificar híbridos avanzados introducidos del germoplasma del CIMMYT. Durante la gestión del 2011, se ha introducido 18 híbridos con el código 11TTWCLY, de los cuales dos híbridos simples fueron promisorios y posteriormente el 2012 y 2013, se evaluó la adaptación de los mismos frente a otros trece híbridos también introducidos del CIMMYT, demostrando su estabilidad agronómica y aceptación por parte de los productores del Chaco hacia los híbridos INIAF H1 e INIAF HQ2 los cuales actualmente cuentan con el debido certificado de registro de variedades. El estudio de adaptación muestra rendimientos superiores en las condiciones del Chaco de Tarija y Chuquisaca y con menor productividad en las condiciones del Trópico de Santa Cruz. De acuerdo a los análisis de regresión, el cambio en las condiciones ambientales afecta por igual al comportamiento de los híbridos, no se evidenció la interacción genotipo × ambiente. Actualmente la semilla genética de estos híbridos es producida por el INIAF y la semilla certificada a través de alianzas con productores asociados, las sub gobernaciones, la Empresa Nacional de Semillas, entre otras, cubriendo con la producción de mayor volumen de semilla híbrida a precios más accesibles para los productores.

Palabras clave: híbridos, estabilidad, semilla genética.

Abstract

The INIAF Maize Program has guided this research with the objective of identifying advanced hybrids introduced from germplasm of CIMMYT. During the 2011 season, 18 hybrids with the code 11TTWCLY were introduced, from this set two simple hybrids were promising and later in 2012 and 2013, the adaptation of the same was evaluated against other 13 hybrids also introduced from CIMMYT, showing their agronomical stability and acceptance by Chaco region growers of the hybrids INIAF H1 and INIAF HQ2, these have its own certificate of registration. The adaptation performance shows higher yields in the conditions of the Chaco in Tarija and Chuquisaca and lower productivity in the tropical conditions of Santa Cruz. According to the regression analysis, the change in environmental conditions affects the response of the hybrids equally, we found any genotype × environment interaction. Currently, the genetic seed is produced by INIAF and certified seed through alliances with associated producers, sub-governors, the National Seed Company, among others, fulfilling the production of greater volume of hybrid seed at prices more accessible to producers.

Key words: hybrids, stability, genetic seed.

Introducción

En las zonas productoras de maíz como la región del Chaco y el Trópico en Bolivia, la semilla híbrida tiene un costo elevado de 160 dólares la bolsa de 20 kg que proveen las empresas privadas y que anualmente importan alrededor de 3000 t de semilla de países vecinos como la Argentina y el Brasil (Claure *et al.*, 2015a; Claure *et al.*, 2015b; Claure, 2011). El productor de bajos ingresos tiene poco acceso a estos híbridos, por lo que actualmente siembra variedades mejoradas donde el rendimiento no supera las 4 kg ha⁻¹ y no se cuenta con híbridos a nivel nacional a precios más accesibles al productor; por esta razón, el Programa Maíz del INIAF, ha orientado la investigación con el objetivo de identificar híbridos tomando como base la introducción de ensayos internacionales del CIMMYT (1995), metodología utilizada por Quispe y Marza (2014) en trigo que permite identificar líneas superiores, y en maíz en un plazo relativamente corto, se pueda disponer de semilla híbrida a precios más bajos comparados con las empresas internacionales, y pueda competir con estos híbridos introducidos (INIAF, 2010), además de determinar la estabilidad y grado de adaptación de los híbridos a las condiciones del Chaco y el

Trópico boliviano. Según Vera y Argote (2015), una variedad puede ser estable, pero inconsistente y/o puede responder mejor en ambientes desfavorables, pero no tiene consistencia.

Materiales y métodos

El Programa Maíz del INIAF, en el ciclo de verano del 2010, introdujo ocho ensayos internacionales provenientes del CIMMYT que corresponden al código 11TTWCLY formado por 18 híbridos (INIAF, 2011), que fueron preliminarmente evaluados en el Chaco y Trópico, donde sobresalieron dos híbridos simples como los más promisorios para dichas condiciones ecológicas de Bolivia (Figura 1), en base a esta información, posteriormente se introdujo cuatro ensayos con trece híbridos y dos híbridos testigos comerciales importados y muy difundidos en el Trópico de Santa Cruz, el ensayo de 15 híbridos corresponde a la sigla 2010 CHTTY Sitio 35. Posteriormente, los dos mejores híbridos experimentales del CIMMYT fueron evaluados y validados con pequeños y medianos productores con el fin de determinar su aceptación y estabilidad durante el ciclo agrícola 2013 y 2014, para luego producir la semilla de dichos híbridos.



Figura 1. Características de grano por color, textura y número de hileras en dos híbridos promisorios para el Chaco.

Se evaluaron 15 híbridos, mediante dos ensayos en Santa Cruz (San Julián y Sagrado Corazón) y dos ensayos en el Chaco Tarijeño (Algarrobal y Muyupampa).

Los ensayos se sembraron con una densidad de 65000 plantas por hectárea, correspondiente a un distanciamiento de siembra de 0.75 x 0.20 m, a una planta por sitio. Se cumplieron todas las labores culturales recomendadas para el cultivo de maíz en la región (INIAF, 2011).

Para el análisis estadístico se utilizó al análisis de varianza combinado mediante el código PROC GLM del programa SAS. Para establecer las diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey ($P=0.05$). La variable rendimiento de grano se utilizó en los análisis de varianza (ANVA) individuales por localidad y combinando localidades.

Se realizó el análisis de estabilidad para el carácter rendimiento, con la finalidad de comprobar la adaptación de las variedades tanto a ambientes favorables como a los ambientes desfavorables, para lo cual se calculó el coeficiente de regresión (b_i) y la desviación de regresión (S^2_d) para todos los híbridos (Eberhart y Russell, 1966).

Resultados y discusión

Análisis de varianza combinado

Se han evaluado resultados de rendimiento de grano en las localidades de Algarrobal y Muyupampa en la región del Chaco y dos localidades de San Julián y Sagrado Corazón en el Trópico de Santa Cruz, a continuación, se presenta el análisis combinado de las cuatro localidades.

Tabla 1. ANVA combinado del rendimiento de grano en las localidades de Algarrobal y Muyupampa en la región del Chaco y dos localidades de San Julián y Sagrado Corazón en el Trópico de Santa Cruz.

Fuente de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F _{calc}	Prob>F
Localidad	3	172368288.2	57456096.1	23.39	0.0054
REP (localidad)	4	9827168.0	2456792.0	5.24	0.0012
Variación	14	25311071.2	1807933.7	3.86	0.0001
Variación x Localidad	42	20761760.7	494327.6	1.05	0.4216
Error	56	26245440.5	468668.6		
C.V. 12.8%.					

A partir de éste análisis, se puede observar que no existe interacción de genotipo×ambiente, lo cual nos muestra que el comportamiento de los 15 híbridos fue similar en los cuatro ambientes. En este sentido, se procedió a calcular las pruebas de rango múltiple, empleando el método de Tukey, tanto para los híbridos como para las localidades, tal como se describe en la Tabla 2.

Tabla 2. Promedio del rendimiento (kg ha⁻¹) de los híbridos en cuatro localidades y comparación de medias según Tukey.

Entrada	Genealogía	Rendimiento kg ha ⁻¹	Tukey (<i>P</i> =0,05)
15	DAS 710 Testigo 2	6332.3	a
14	Agricom. 104 Testigo 1	6017.6	ab
1	INIAF H1	5818.1	abc
4	CLYN201/CL02450	5711.9	abc
7	CLYN204/CL02450	5657.1	abc
12	INIAF HQ2	5469.2	abc
8	CLYN205/CL02450	5327.4	abc
10	CL-RCY018/CML451	5247.4	abc
5	CLYN202/CL02450	5212.6	abc
11	CL-RCY031/CML451	5036.1	bc
3	(CML161/CML451)-B (CML164xCML437)-B / CML165	5030.9	bc
2	CML161/CLSW002	4992.3	bc
9	CLRCY047/CML451	4884.6	bc
13	CML161/CL02450	4773.1	c
6	CLYN203/CL02450	4727.8	c

Según la Tabla 2, se puede apreciar que los dos testigos (14 y 15) son los que presentan los rendimientos más altos, aunque no son

estadísticamente diferentes de los híbridos 1, 4, 7, 12, 8, 10 y 5. Los híbridos 13 y 6 son los de menores rendimientos, seguidos del 11, 3, 2 y 9.

Tabla 3. Promedio de rendimiento (kg ha⁻¹) en cuatro localidades.

Localidades	Genealogía	Rendimiento
Algarrobal	CLYN201/CL02450	6706.4 a
Muyupampa	INIAF H1	6332.3 a
San Julián	B/(CML164xCML437) -B/CML165	5030.9 b
Sagrado Corazón	CML161/CLSW002	4092.3 b

En la Tabla 3, se observa que las localidades de Algarrobal y Muyupampa son las que presentan los mejores rendimientos, y las localidades de San Julián y Sagrado Corazón son las de rendimientos más bajos. Estos últimos resultados pueden deberse a que en Santa Cruz las condiciones de alta precipitación y suelos de baja fertilidad impactaron negativamente los rendimientos, ésto concuerda

con los resultados encontrados por Alarcón *et al.* (2015), donde afirma que los híbridos comerciales de las empresas privadas rinden mejor en condiciones favorables como corresponde a la región del Chaco. Contrariamente, los rendimientos más bajos se presentan en zonas con mucha precipitación como sucede normalmente en el Trópico de Santa Cruz.

Tabla 4. Parámetros de estabilidad fenotípica para rendimiento de quince híbridos de maíz evaluados en cuatro localidades.

Híbridos	Media (μ)	Coef. Reg (bi)	dif = 1-bi	Signif.
15	6332	0.960	0.040	n.s.
14	6017	128.857	-0.288	n.s.
1	5818	123.803	-0.238	n.s.
4	5712	0.915	0.085	n.s.
7	5657	138.476	-0.385	n.s.
12	5469	118.318	-0.185	n.s.
8	5327	107.297	-0.073	n.s.
10	5247	125.112	-0.251	n.s.
5	5213	0.802	0.197	n.s.
11	5036	0.665	0.335	n.s.
3	5031	145.805	-0.458	n.s.
2	4992	0.601	0.39	n.s.
9	4885	0.958	0.042	n.s.
13	4773	0.624	0.376	n.s.
6	4728	0.598	0.402	n.s.

Análisis de estabilidad fenotípica

De acuerdo a los resultados del Tabla 4, para que un genotipo (híbrido) sea considerado estable debe tener un coeficiente de regresión $b=1$ y una desviación de regresión $S^2_d=0$ (Eberhart y Russell, 1966); de esta manera se puede inferir que los que menos se desvían de 1 son los híbridos 15, 9, 8 y 4 con diferencias menores al 0.1 con respecto a la unidad.

Con base a este resultado y considerando el anterior análisis de varianza y comparación de medias por Tukey, se puede afirmar que el híbrido 4 (Testigo DAS 710), es el que presenta un rendimiento alto y es uno de las más estables.

Según la Tabla 4, las pendientes de las líneas de regresión de rendimientos por índices ajustados mediante sus coeficientes, los genotipos estables (bi) o que tienden a la estabilidad presentan una

tendencia lineal con una pendiente de 45° (cuya tangente es la unidad) en relación al origen. Vera y Argote (2015) coinciden con los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que los híbridos 15, 14, 1, 4, 7 y 12 son casi paralelas entre si y cumplen dicho requisito; es decir, que el cambio en las condiciones ambientales afecta por igual al comportamiento de los híbridos, caracterizándose la ausencia de interacción, comprobándose que no hay interacción genotipo ambiente, tal como se mostró en el análisis de varianza combinado (Tabla 1).

Validación de dos híbridos promisorios en campos de productores

En base a la identificación de dos híbridos en la región del Chaco Boliviano por sus altos rendimientos y para difundir dichos híbridos, se establecieron parcelas de validación en cinco localidades (Tabla 5). Dichos materiales mostraron nuevamente ser más productivos, en base a esta respuesta, se solicitaron las líneas progenitoras

al CIMMYT para su incremento respectivo y la regeneración de las cruas para disponer de semilla suficiente.

Por las características y la coloración del grano, el híbrido INIAF H1 fue el mejor evaluado de acuerdo al criterio de los productores; sin embargo, el híbrido INIAF HQ2, dado su elevado contenido de proteína y su calidad en contenidos de lisina, metionina y triptófano, también es muy recomendable para la alimentación humana y de ganado, específicamente para porcinos.

En la Tabla 5 se muestra el comportamiento de los dos nuevos híbridos liberados por el PN-Maíz del INIAF y algunos híbridos comerciales de las empresas privadas que en promedio, no fueron significativamente diferentes, con excepción del DAS 710, que fue el híbrido con mayor productividad.

Tabla 5. Rendimiento (kg ha⁻¹) de cinco híbridos de maíz en cinco localidades del Chaco, gestión 2014.

Híbridos	Huacareta	Iboperenda	Yaguacua	Algarrobal	Villa Montes	Promedio
INIAH H1	5704	6440	3450	5755	7950	5788
INIAF HQ2	6670	5704	3910	8280	6900	6293
DAS 710	8004	7590	5060	8740	7820	7121
DEKALB 834	5750	6072	0	0	0	5911
SW 5130	5980	5750	0	0	0	5865

Lanzamiento de híbridos de maíz

Se procedió a la inscripción de los dos híbridos INIAF H1 e INIAF HQ2 identificados como promisorios los que cuentan con el Registro Nacional de Variedades (RV- MA-1107-13). La fecha de emisión del Certificado de Registro fue dado en La Paz, el 21 de mayo del 2013,

por la Dirección Nacional de Semillas del INIAF.

El lanzamiento o la presentación de los híbridos fue realizado por el PN- Maíz del INIAF en la Estación Experimental de Algarrobal, Yacuiba (Figura 2), en un acto especial con presencia de autoridades, instituciones y productores (Claure, 2014).



Figura 2. Lanzamiento de los híbridos INIAF H1 e INIAF HQ2 en Yacuiba, junio de 2013.

Comercialización de la semilla híbrida

Con el objetivo de que el PN-Maíz del INIAF produzca solamente las líneas parentales, a partir de la gestión 2014 se comercializó semilla de parentales de los híbridos INIAF H1 e INIAF HQ2 a la Empresa Productora de Semillas (EPS), posteriormente el 2015 se vendió parentales a la subgobernación de Carapari y de Villa Montes, para entregar a productores seleccionados mediante convenio suscrito entre INIAF y la Subgobernación y bajo el asesoramiento del PN-Maíz y el 2016 se vendió semilla de parentales tanto a la subgobernación de Carapari, Villa Montes y a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho en Yacuiba, bajo un convenio entre dichas instituciones y el INIAF y con el compromiso de seguimiento y capacitación a productores y técnicos de parte del INIAF; esta estrategia de alianza inter institucional entre el sector público y privado, ha permitido aumentar el volumen de producción de semilla híbrida para atender la demanda del sector productivo a un costo aproximadamente menor al 50% respecto comercializado por las empresas privadas.

Proyecciones de producción de semilla y utilidad económica

De acuerdo a los costos de producción de semilla por hectárea, a pesar de su elevado costo, por la venta de semilla certificada por hectárea, se tiene una utilidad de 21000 Bs neto cuando la bolsa de 20 kg se vende a 690 Bs, precio que aun tiende a bajar por la gran demanda de los híbridos producidos en el Chaco. El PN-Maíz del INIAF produce la semilla genética y los productores en campo la semilla certificada. Por otra parte, el PN-Maíz del INIAF ha registrado tres nuevos híbridos altamente productivos y con adaptación al Chaco y Trópico, los que cuentan con Certificados de Registro y el probable lanzamiento está previsto para los próximos meses.

Conclusiones

Se ha identificado dos híbridos con alto potencial productivo para la región del Chaco boliviano, INIAF H1 de grano normal e INIAF HQ2 con alta calidad proteínica en el grano, ambos con certificado de registro.

El estudio de adaptación muestra rendimientos superiores en las condiciones del Chaco de Tarija y Chuquisaca y con menor rendimiento en las condiciones del Trópico de Santa Cruz.

El análisis de estabilidad fenotípica muestra que el híbrido 4 (con testigo comercial DAS 710) es el que presenta el mayor rendimiento y es uno de los más estables, seguido de los híbridos 15, 9 y 8.

De acuerdo a los análisis de regresión, el cambio en las condiciones ambientales afecta por igual al comportamiento de los híbridos, caracterizándose la ausencia de interacción genotipo×ambiente.

La semilla genética de los híbridos promisorios identificados por los productores, es producida por el INIAF y la semilla certificada por los aliados de las asociaciones como ASOMAIZ, ALA, IPATI de IVO, SEDAG, Empresa Estratégica de Semillas (ESP), Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Actualmente el PN-Maíz del INIAF, dispone de tres nuevos híbridos altamente productivos con adaptación al Chaco y Trópico y cuentan con Certificado de Registro, cuyo lanzamiento está previsto para los próxima campaña agrícola.

Referencias

- Alarcón, D., Zambrano, E., Cerón, O., Villavicencio, P., Caicedo, M., Zambrano, J.L., Saltos, E., Eguez, J., Pintado, P., Yanez, C., Carrillo, R., y Motato N. (2015). Generación de un híbrido simple de maíz para el Trópico seco del litoral ecuatoriano. XXI Reunión Latinoamericana de Maíz. Octubre, Santa Cruz, Bolivia. p 29-31.
- CIMMYT (1995). Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de Maíz del CIMMYT. México. D.F. p 21.
- Claure, I. T., (2011). Manual sobre metodologías de selección para la formación de híbridos en maíz. Gobierno Autónomo de Chuquisaca. Secretaría Departamental de Desarrollo Productivo. Trabajo realizado como Consultor del CIITAI.
- Claure, T., Narro. L. y San Vicente F. (2015a). Avances en el mejoramiento genético del maíz presentado para su publicación en el Manual del cultivo de maíz y sorgo por Pura Paz, PROYECTAGRO. Santa Cruz
- Claure T, Ramos P, Marino C, Saldaño D, y Arandía W. (2015b). Avances de investigación y proyecciones del Programa Nacional de Maíz del INIAFXXI RLM. Programa Nacional de Maíz, Yacuiba, Bolivia. Pp. 13.
- Claure T. (2014). Nuevos híbridos de maíz. Un aporte del INIAF a la seguridad y soberanía alimentaria del país. In Seed New. La revista internacional de semillas. Año XIX No3. ISSN 1415-0385. p 26-28 <http://store.seednews.inf.br>
- Eberhart, S.A. y Russell, W.A. (1996). Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sciences*. 6:36-40 p.
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal) (2011). Informe de Gestión 2015. Programa Nacional de Maíz. Yacuiba, Bolivia.

Rendimiento y calidad de fruta de cuatro clones de banano (*Musa aaa*) en el subtrópico de la Provincia Formosa, Argentina

Performance and fruit quality of four banana clones (*Musa aaa*) in subtropic of the Formosa Province, Argentina.

Oscar Colque^{1*}

¹ Investigador en Cultivos Tropicales –

*Email para correspondencia: oscar.colque@gmail.com

Resumen

Se evaluó cuatro clones de banano (Gal, Jaffa, Gran Enano y Williams) en el Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias de Misión Tacaagle, región subtropical de la Provincia Formosa, Argentina, con el objetivo de determinar el rendimiento y calidad comercial de fruta durante cuatro periodos agrícolas. El trabajo fue establecido el mes de enero de 2010 y finalizó en agosto de 2013. Se evaluó 800 racimos para la variable peso de fruta y 200 racimos para calidad de la fruta. Se encontró diferencias estadísticas entre periodos agrícolas, clones e interacción periodo agrícola $\times$ clones a la P: 0.001 para las variables peso fruta y número de dedos por racimo. La calidad de la fruta difirió estadísticamente entre clones a P: 0.001 y también en el número de mano dentro clones a P: 0.001.

Palabras clave: clones, periodo agrícola, dedos por racimo, número de mano.

Abstract

Four banana clones (Gal, Jaffa, Grand Naine and Williams) were evaluated in the Agricultural Technology Validation Center of Mission Tacaagle, subtropical region Province Formosa, Argentina, with the objective of determining the yield and commercial quality of fruit during four agricultural periods. The work was established in January 2010 and ended in August 2013. It evaluated 800 bunches for the variable fruit weight and 200 bunches for fruit quality. Statistical differences were found between agricultural periods, clones

and agricultural period interaction $\times$ clones at P: 0.001 for the variables fruit weight and number of fingers per bunch. The quality of the fruit differed statistically between clones at P: 0.001 and also in the hand number within clones at P: 0.001.

Key words: clones, agricultural period, fingers per branch, hand number.

Introducción

El banano es una planta originaria del sureste asiático y actualmente está distribuida en diferentes regiones tropicales y subtropicales del mundo. En Sudamérica se cultiva en zonas subtropicales del Sur de Brasil, Noroeste de Paraguay y Norte de Argentina. Bajo estas condiciones el cultivo se expone a días frescos e incidencia de heladas agronómicas en la época invernal, así como a temperaturas extremas en los días de verano. En los subtrópicos, hay épocas de lluvias concentradas y períodos prolongados de sequía. Ese comportamiento climático marca una diferencia en todo el proceso de desarrollo fenológico y productivo del banano y principalmente en las prácticas de manejo agronómico para la obtención de un producto de calidad comercial.

En la región Tropical Norte de la provincia Formosa el banano es afectado por las altas temperaturas de verano, las bajas temperaturas y heladas agronómicas de la época invernal, debido a este fenómeno climático, el cultivo tiene

un comportamiento estacional que ocasiona la concentración de la producción en la época invernal lo que afecta al valor comercial de la fruta.

El clon con mayor superficie sembrada en la provincia Formosa es la Nanicao y en mínima proporción la Carape (Dwarf Cavendish). Sin embargo, existe la necesidad de introducir y evaluar nuevos materiales que reúnan mejores características morfológicas y agronómicas para favorecer las prácticas de manejo, tolerancia a factores climáticos adversos (sequías), buen llenado de la fruta, mayor rendimiento y calidad, proporcionando más sostenibilidad a la producción.

A nivel mundial los clones de banano Valery, William y Gran Enano son considerados los más comerciales, sin embargo en los últimos años, centros de investigación y mejoramiento genético de diferentes lugares del mundo han desarrollado e introducido a los sistemas de producción, clones con mejores características morfológicas, rendimiento y calidad comercial, adaptadas a condiciones tropicales y subtropicales. Los clones Gal y Jaffa, desarrollados por Raham Meristem, se caracterizan por ser altamente promisorios que a la fecha se han introducido con éxito a diferentes países de Sudamérica.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el rendimiento y calidad comercial de fruta de cuatro clones de banano (*Musa aaa*) en el Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias Misión

Tacaaglé, provincia Formosa, Argentina, en cuatro periodos agrícolas o ciclos de producción.

Materiales y métodos

Ubicación geográfica y características edáficas y climáticas del área de estudio

El presente trabajo se realizó en el Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias de Misión Tacaaglé (CEDEVA), ubicado en la localidad del mismo nombre (24° 59' 11" S y 58° 51' 40" W; 79 msnm), en el departamento de Pilagás, provincia Formosa Argentina.

Los suelos de la zona corresponden a la Unidad de Meandros Colmatados, caracterizada por presentar un drenaje natural a moderadamente drenado, tienen un horizonte superficial de color oscuro y de textura media. El suelo de mayor representatividad lo constituye un Argiudol Típico de formación aluvional (Lanfranco et al, 2011). Las características químicas y físicas de suelos de los lotes fueron determinadas en el laboratorio de edafología de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Nacional La Plata. (Tabla 1). Se obtuvo una muestra compuesta de 20 submuestras, mediante la técnica del muestreo sistemático, a 20 cm de profundidad y una distancia de 50 cm frente al hijo de sucesión.

Tabla 1. Análisis químico de suelos del área de estudio

Parámetro	Valor	Rango
pH (1:2,5)	6.78	Neutro
Calcio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	8.10	Alto
Magnesio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	3.10	Alto
Potasio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	0.63	Alto
Sodio (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	1.01	Alto
CIC (cmol ₍₊₎ kg ⁻¹)	12.13	Medio
Fósforo (mg kg ⁻¹)	20.00	Alto
Materia orgánica (%)	1.30	Bajo

La precipitación anual y promedios de las temperaturas máxima, media y mínima registradas durante los periodos agrícolas 2009-2010, 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013 fue de 1342 mm,

29.7 °C, 22,4 °C y 15.2 °C respectivamente. Cada periodo agrícola se consideró desde el mes de septiembre al mes de agosto de la siguiente gestión (Figura 1).

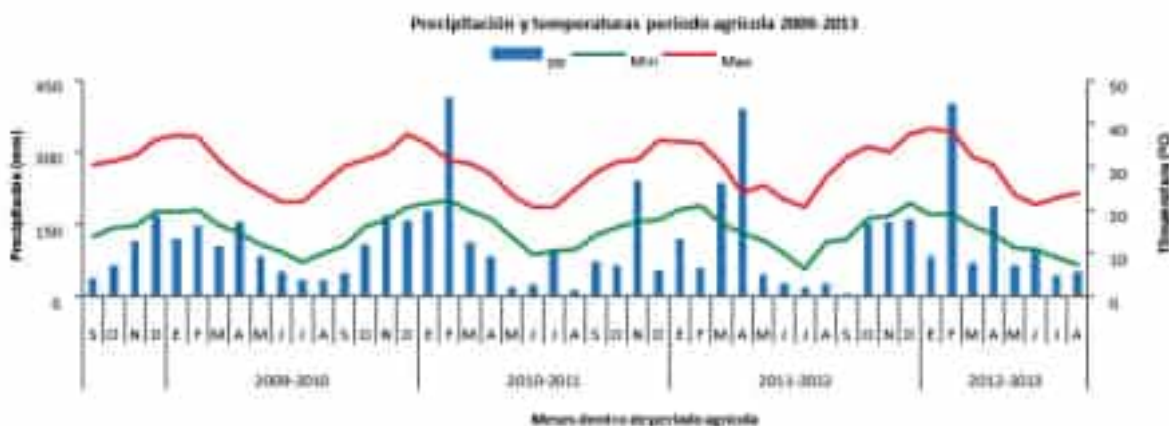


Figura 1. Temperaturas máxima, mínima y precipitación pluvial en la Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias Misión Tacaaglé, Formosa Argentina durante el periodo agrícola 2009 a 2013

Periodo del trabajo de evaluación, selección de lotes de producción y prácticas de manejo

El trabajo de campo se inició en enero de 2010 y finalizó en septiembre de 2013. Se seleccionaron cuatro lotes en producción de dos años de edad, con una densidad equivalente a 1900 plantas ha⁻¹. Cada lote se constituyó de 0.5 ha haciendo un total de 2 hectáreas.

Las prácticas de manejo agronómico se realizaron acorde al plan de producción: deshoje sanitario, deshije, encintado, embolsado, fertilización de reposición y riego mínimo. Se aplicó un promedio 120, 45 y 180 de kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O respectivamente, fraccionado en cuatro ciclos de aplicación para N y K₂O y un ciclo para P₂O₅.

Factores de estudio y variables de respuesta

Los factores estudiados se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Factores de estudio en la presente investigación.

Clase	Niveles	Descripción
Periodo agrícola	4	2009-2010, 2010- 2011, 2011- 2012 y 2012- 2013
Clones	4	GA: Gal GE: Gran enano J: Jafa W: Willams

Se evaluaron 800 racimos para la variable peso de fruta y 200 racimos para la variable calidad de fruta.

Análisis estadístico

Las variables cuantitativas fueron procesadas con el modelo lineal mixto y las variables cualitativas con el modelo lineal generalizado bajo el supuesto de distribución de Poisson y Multinomial en

función a la estructura del análisis de varianza de clasificación múltiple (Steel y Torrie, 1992; Montgomery, 2003; Kachman 2000; SAS Institute Inc, 2014). La discriminación de los niveles de los factores fue con promedios por mínimos cuadrados, la distribución de t de Student (modelo lineal mixto) y Chi cuadrado (modelo lineal generalizado).

Resultados y discusión

Peso de fruta

El peso de fruta fue significativo entre periodos agrícolas, clones e interacción periodo agrícola $\times$ clones a la $P: 0.001$ (Anexo 1), ésta interacción implica que el efecto de los periodos agrícolas influyó en el comportamiento de los clones.

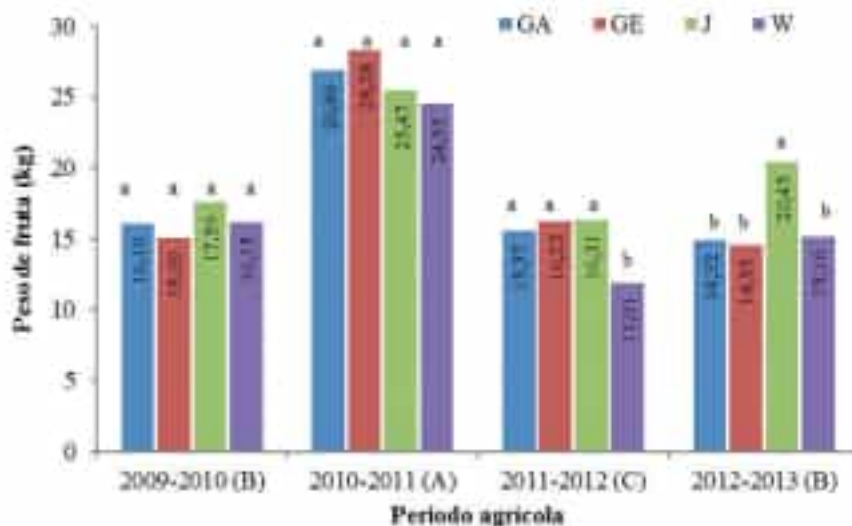


Figura 2. Efecto de las campañas agrícolas y clones de banano sobre el peso de fruta. Promedios con la misma letra dentro de años no son significativos las diferencias a $P: 0.05$

El peso promedio de fruta del clon Jaffa, durante los cuatro periodos agrícolas evaluados, fue superior en un 17% comparado con el promedio de los otros clones evaluados. Este resultado tiene concordancia con los reportes de Raham Meristem (2007) que refieren al clon Jaffa con un peso de racimos superior de 15 a 20% comparado con Williams y Gran Enano.

El factor relacionado al incremento de peso en el periodo 2010-2011 se atribuye a la precipitación acumulada en los meses previos a la floración, durante la floración e inicio del crecimiento de los racimos del banano (septiembre a febrero). Según datos climáticos registrados en el CEDEVA, el periodo agrícola en el que se obtuvo mayor rendimiento llovió un 65%, 77% y 13% más con

El periodo que presentó los mayores valores corresponde a 2010-2011, diferenciándose de los otros ciclos de producción (Figura 1), por otra parte los clones sólo fueron diferentes estadísticamente en los periodos 2011-2012 y 2012-2013. En el periodo 2012-2013 el clon Jaffa presentó mayor peso de fruta (44%) comparado con los clones Gal, Gran Enano y Williams respectivamente.

relación al primer, tercer y cuarto ciclo evaluado respectivamente.

Número de dedos

El número de dedos por racimo presentó significancia estadística entre periodos agrícolas, clones y la interacción periodos agrícolas*clon a la $P: 0.001$ (Anexo 2), dicha interacción reflejó la incidencia sobre la expresión de los clones. También el número de dedos fue mayor en la gestión 2011 (Figura 2). El clon Jaffa presentó el mayor número de dedos por racimo, contrariamente los menores valores registrados fueron para el clon Williams, los valores intermedios fueron para los clones Gal y Gran Enano.

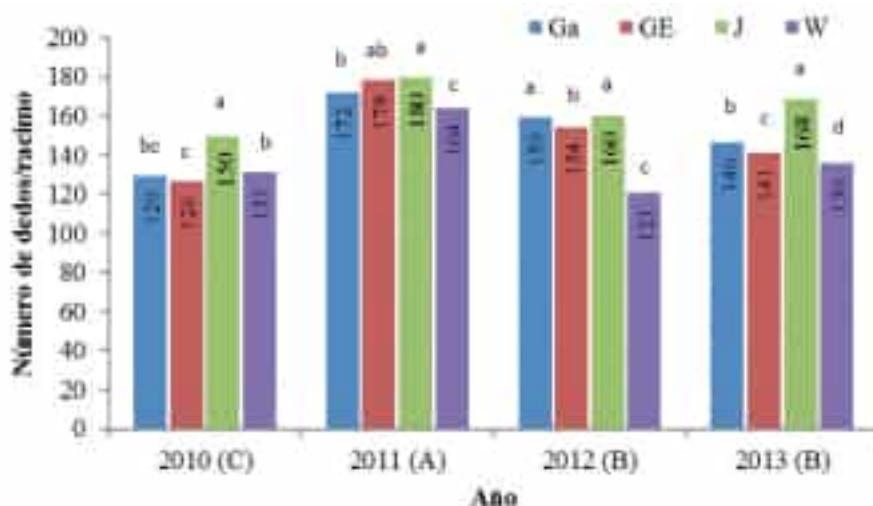


Figura 3. Efecto de las campañas agrícolas y clones de banano sobre el número de manos

El factor relacionado al incremento de número de dedos por racimo en el periodo 2010-2011 también se atribuye al efecto de la buena precipitación acumulada en los meses previos a la floración, durante la floración e inicio del crecimiento de los racimos del banano. Según Colque et al (2013) el número de dedos por mano y por racimo, se determina por las condiciones ecológicas y el vigor de la planta en el momento de la diferenciación floral, lo que normalmente ocurre 90 a 120 días

antes de la floración durante la fase reproductiva (Soto, 2008; Robinson y Saúco, 2011).

Calidad comercial de la fruta

La calidad comercial de la fruta difirió estadísticamente entre clones a $P: 0.001$ y también en la posición de la mano en el racimo y dentro de clones a $P: 0.001$ (Anexo 3).

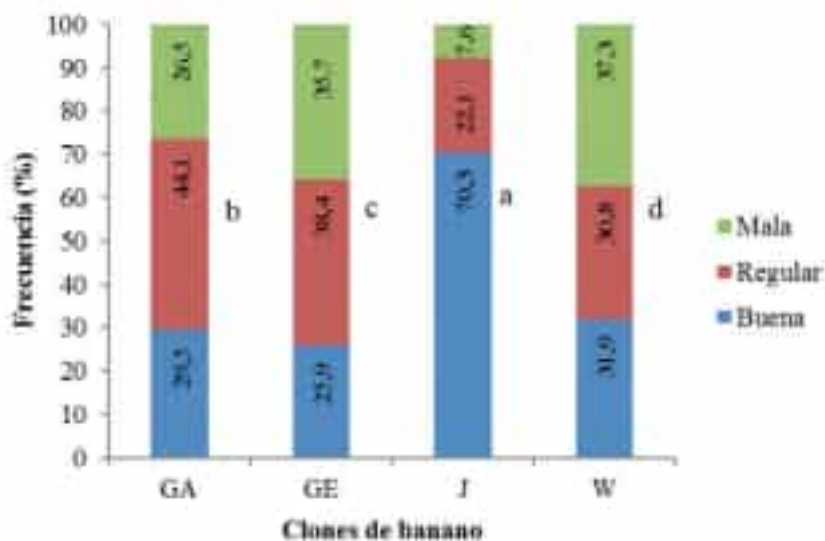


Figura 4. Efecto de clones de banano sobre la ocurrencia de la calidad de la fruta (%)

Agradecimientos

Al Ing. Agr. Jorge Balonga, Coordinador Ejecutivo de los CEDEVAs, provincia Formosa, Argentina, por el apoyo otorgado para la realización del presente trabajo. Al Ing. Ricardo Vailati, personal técnico, asistentes de validación y obreros de campo del CEDEVA de Misión Tacaaglé, por la logística y apoyo durante el periodo que duró el trabajo de campo. Al Ing. Agr. M.Sc. Gerardo Tenaglia por las sugerencias técnicas al documento e Ing. Agr. Edwin Iquize por el apoyo en el análisis estadístico y sugerencias al documento.

Referencia

- Colque, O.; Vailati, R., Villarreal, J.; Baridon, E. 2013. Producción de banano subtropical. Prácticas de manejo, cosecha y poscosecha. Formosa Argentina, 69 p.
- Kachman, S. 2000. An introduction to generalized linear mixed models. Department of Biometry, University of Nebraska–Lincoln. 15 p. <http://statistics.unl.edu/faculty/steve/glmm/paper.pdf>
- Lanfranco, J.; Baridon, E y Aragon, A. 2011. Manual de pautas y procedimientos para la evaluación y manejo del recurso suelo. Área subtropical Norte de Formosa. Centro de Validación de Tecnologías Agropecuarias. Formosa Argentina. 92 p.
- Montgomery, D. 2003. Diseño y análisis de experimentos. Trad. Rodolfo Piña García. Limusa Wiley México DF 686p.
- Soto, M. 2008. Bananos. Técnicas de producción, manejo, poscosecha y comercialización. 3 ed. San José Costa Rica. 1090 p.
- Raham Meristem. 2007. Biotecnología y propagación de plantas.: Nuevos clones de banano. 54p.
- Robinson, J. y Saúco, V. 2011. Plátanos y bananas. Asociación de organizaciones de productores de plátanos de Canarias (ASPROCAN) 321p.
- SAS Institute Inc. 2014. Documentation for SAS v9.2. www.sas.com
- Steel R.; Torrie, J. 1992. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill, México DF. 621

Anexos

Anexo 1. Prueba de efectos fijos para el peso de fruta

Efectos	Grados libertad		F	Pr > F
	Num.	Den.		
Periodo agrícola	3	763	177.13 **	<.0001
Clon	3	763	11.57 **	<.0001
Periodo agrícola × clon	9	763	6.60 **	<.0001

Anexo 2. Prueba de Wald para el número de dedos

Efectos	Grados libertad	Chi cuadrado	Pr > Chi cuadrado
Periodo agrícola	3	712.28 **	<.0001
Clon	3	340.89 **	<.0001
Periodo agrícola × Clon	9	243.57 **	<.0001

Anexo 3. Prueba de Wald para la calidad de la fruta

Efectos	Grados libertad	Chi cuadrado	Pr > chi cuadrado
Clon	3	22.26 **	<.0001
Número de mano (clon)	33	99.32 **	<.0001

Rendimiento y estabilidad fenotípica de diez variedades internacionales de trigo harinero en zonas trigueras de Bolivia, 2015-2016

Performance and phenotypic stability of ten international varieties of wheat flour in Bolivia's wheat areas, 2015 – 2016

Félix Marza, *Roberto Butrón, Félix Quispe, Gilberto Gutiérrez y Lisset Vaca

Programa Nacional de Trigo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF)
Av. Blanco Galindo km 5 ½, Calle Manuel Anaya, Cochabamba, Bolivia

*Email para correspondencia: femarza@hotmail.com

Resumen

Con el objetivo de determinar la estabilidad fenotípica de once variedades de trigo harinero en las zonas trigueras de Bolivia, se establecieron ensayos en siete localidades ubicados en cuatro departamentos. Los ambientes fueron identificados por su representatividad así como por su alta capacidad de discriminación genotipo×ambiente. Los ensayos fueron establecidos en las gestiones 2015-2016, bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El análisis estadístico paramétrico, aditivo y multiplicativo, permitió la identificación de cultivares que resultaron ser significativamente superiores a la variedad Testigo. El análisis de estabilidad de Eberhart y Russell, el modelo AMMI y el modelo GGE biplot son una herramienta que permite identificar variedades de alto rendimiento y de alta estabilidad. En la presente investigación, la variedad Reedling #1 resultó ser la más estable en los siete ambientes, adicionalmente se detectaron cultivares que exhibieron adaptabilidad específica.

Palabras claves: trigo, estabilidad fenotípica

Abstract

In order to determine the phenotypic stability of eleven varieties of bread wheat in the wheat areas of Bolivia, trials were established in seven locations and in four departments. The environments were identified based on its representativeness as well as by their high capacity for genotype x environment interaction discrimination. The trials were established in the 2015-2016 cropping season, under a completely randomized block design with three replications. The parametric, additive and multiplicative statistical analysis, allowed the identification of cultivars that turned out to be significantly superior to the check. The stability analysis of Eberhart and Russell, the AMMI model and the GGE biplot model are powerful tools that allowed the identification of high performance and high stability varieties. In the present research, the Reedling # 1 cultivar was the most stable in the seven environments, additionally, cultivars that exhibited specific adaptability were detected.

Keywords: wheat, phenotypic stability

Introducción

El trigo (*Triticum aestivum*, L.) constituye la base de la alimentación por contribuir con el 20% de las calorías y proteínas que consume la población mundial, además de que 80 millones de agricultores en el mundo en desarrollo dependen de la producción de trigo para obtener su sustento y generación de ingresos (Lantican *et al.*, 2016). Su importancia también radica en su aporte en la alimentación debido a su valor nutritivo y al alto contenido en carbohidratos que oscila entre 65 al 70%. El trigo básicamente es un cultivo de clima templado; pero debido a su diversidad genética, éste ha extendido sus fronteras y ha llegado a adaptarse casi a todos los climas y alturas del mundo. En Bolivia, el trigo se constituye en la base alimenticia de la población, el consumo per cápita es de 69 kg.año⁻¹, la demanda anual alrededor de 700000 t, el análisis histórico de los últimos 10 años indica que la producción se encuentra entre 145000 a 255000 t año⁻¹, representando del 21 al 36% de satisfacción de la demanda interna. El rendimiento nacional fluctúa entre 0.9 a 1.4 t ha⁻¹, con mejor rendimiento en el oriente 0.9 a 1.9 t ha⁻¹ mientras en el área tradicional oscila entre 0.7 a 0.9 t ha⁻¹ (INE, 2015).

Con el propósito de identificar alternativas viables para llenar vacíos tecnológicos cuya aplicación origine saltos cualitativos y cuantitativos significativos en la competitividad del trigo, el Programa Nacional de Trigo (PN-TRIGO) del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF), viene trabajando en el desarrollo sostenible de variedades de alta estabilidad, alto potencial genético para rendimiento, buena calidad, tolerantes a factores bióticos y abióticos adversos con sus correspondientes recomendaciones de manejo, que permitan según el tipo de productores, optimizar su potencial productivo, coadyuvando de ésta manera a la política nacional de seguridad con soberanía alimentaria.

La estabilidad en el rendimiento de trigo, se cuantifica con la finalidad de proporcionarle certeza al productor y desde el ámbito técnico consiste en determinar la adaptación de líneas específicas avanzadas a un ámbito de ambientes productivos donde el rubro es de importancia. Los ambientes pueden variar en prácticas de manejo, la presión de factores bióticos, así como en condiciones edáficas y climáticas. Las posiciones relativas entre los genotipos evaluados en diferentes ambientes a menudo difieren entre ellas, por lo que se dificulta la identificación del genotipo más deseable (Eberhart y Russell, 1966 y Poysa *et al.*, 1986). Estos desafíos se incrementan conforme el grado de variabilidad es mayor entre los ambientes o dentro de la especie (Allard y Bradshaw, 1964). Los mejoradores disponen de los análisis de estabilidad, que les permiten determinar si los cultivares existentes o las líneas avanzadas se adaptan a condiciones ambientales favorables, desfavorables, o a ambas.

El programa de mejoramiento del INIAF viene trabajando para contribuir con la generación de variedades estables en su producción, particularmente para rendimiento, calidad y tolerancia a factores abióticos y bióticos adversos, atributos que son muy importantes al momento de que los productores adopten los nuevos cultivares. La interacción genotipo por ambiente (G x A) representa una de las principales dificultades encontradas en los procesos de selección; lo que puede ocasionar que los mejores en un ambiente no sean los mejores en otro, dificultando el proceso de recomendación de cultivares para una amplia gama de ambientes; siendo necesario la selección de genotipos para un ecosistema o sistema de producción específico.

La generación de tecnología (variedades, recomendaciones agronómicas y otros) constituye un proceso fundamental cuyo éxito se verifica al momento de la adopción que busca satisfacer las expectativas y evitar la aversión al riesgo del

productor, aspecto sobre el que se debe brindar certeza. En línea con el mencionado desafío, es imperativo contar con información respecto a la estabilidad fenotípica para explicar el efecto de la interacción genotipo por ambiente sobre el comportamiento de los genotipos en estudio y determinar los mejores dominios de recomendación. En el presente estudio se apela a métodos convencionales como el de Eberhart y Russel, AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativa) y GGE biplot para la identificación y selección de los cultivares que cumplen con el objetivo de presentar estabilidad en su comportamiento a través de localidades. La evaluación de cultivares en ambientes múltiples se realiza con el propósito de determinar la estabilidad fenotípica y la interacción del genotipo con el medio ambiente. El objetivo del presente trabajo

de investigación fue identificar variedades de alto potencial de rendimiento y alta estabilidad fenotípica a partir de once variedades internacionales de trigo harinero en las zonas trigueras de Bolivia.

Materiales y métodos

El material genético utilizado para la investigación estuvo constituido por diez variedades internacionales de trigo harinero introducidas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en la gestión 2014 por el Programa Nacional de Trigo, para efectos de comparar el comportamiento de las variedades introducidas se utilizó una variedad local como testigo. La Tabla 1, detalla las once variedades utilizadas en la investigación entre ellos la variedad testigo (Tepoca T89, Motacú y Br-18.)

Tabla 1. Variedades internacionales introducidas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en la gestión 2014.

Nº	Nombre de las variedades	Historia de selección
1	Testigo	
2	Sonalika	II18427-4R-1M
3	Sup152/Baj #1	CMSS07Y00195S-0B-099Y-099M-099Y-16M-0WGY
4	Reedling #1	CMSS06Y00605T-099TOPM-099Y-099ZTM-099Y-099M-11WGY-0B
5	PBW343	CM85836-4Y-0M-0Y-8M-0Y-0IND
6	Roelfs F2007	CGSS00B00169T-099TOPY-099M-099Y-099M-9CEL-0B
7	Super 152	CGSS02Y00153S-099M-099Y-099M-46Y-0B
8	Baj #1	CGSS01Y00134S-099Y-099M-099M-13Y-0B
9	Quaiu #1	CGSS01B00046T-099Y-099M-099M-099Y-099M-29Y-0B-12B-0Y
10	Attila*2/PBW65//Kachu	CM85836-50Y-0M-0Y-3M-0Y
11	Shiroodi	CMSS93B00686S-12Y-010M-010Y-010M-7Y-1M-0Y-3SJ

Con el propósito de realizar una adecuada uso de la variabilidad genética, la investigación se desarrolló en múltiples localidades a nivel nacional, los ensayos fueron establecidos en cuatro departamentos: Santa Cruz (Berlín y Vallegrande), Cochabamba (Montenegro, Playa Ancha y Cruce Incallajta) y Tarija (Chaguaya), durante la campaña agrícola 2015-2016. Las localidades para la realización

de las evaluaciones, son zonas representativas de las zonas trigueras en el país, además de contar con características ambientales bien identificadas para el ejercicio de la presión ambiental sobre el comportamiento de cada cultivar. La Tabla 2 muestra la ubicación de los ensayos establecidos en los diferentes departamentos.

Tabla 2. Localidad, municipio, provincia y departamento georeferenciado donde fueron establecidos los ensayos de trigo durante la campaña agrícola 2015-2016.

Departamento	Provincia	Municipio	Localidad	Georeferencia		
				Latitud (LS)	Longitud (LO)	Altitud (m.s.n.m.)
Santa Cruz	Ñuflo de Chávez	San Julián	Berlín	16°57'06"	62°35'16"	251
	Vallegrande	Vallegrande	Vallegrande	18°30'30"	64°06'08"	2037
Cochabamba	Quillacollo	Sipe	Montenegro	17°26'23"	66°20'40"	2565
	Capinota	Capinota	Playa Ancha	17°39'33"	66°14'57"	2399
	Carrasco	Pocona	Cruce Incallajta	17°36'35"	65°16'50"	2835
Tarija	Aniceto Arce	Padcaya	Chaguaya	21°22'59"	64°49'38"	2550
La Paz	Los Andes	Laja	Kallutaca	16°31'29"	68°18'28"	3906

Los ensayos fueron establecidos bajo un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con tres repeticiones en los siete ambientes. La unidad experimental estuvo constituida de cinco surcos separados a 25 cm y con una longitud de 4 m. La siembra y conducción de los ensayos se realizó en base a los protocolos establecidos por el Programa Nacional de Trigo del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Se registraron las variables: altura de planta (AP), tamaño de grano (TG), color de espiga (CE), tolerancia a la sequía (TS), tolerancia a la piricularia (PI), rendimiento (RDTO), número de espigas por metro cuadrado (NEM), reacción al acame (RA), tolerancia a la roya (RY), densidad de espiga (DES), reacción al desgrane (RD), color de grano (CG), días a la madurez (DM), tolerancia a *helminthosporium* (HL), longitud de espiga (LE), número de granos por espiga (NGE), longitud de la arista (LA), tipo de grano (TGR), posición de la espiga (PE), peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH), área foliar (AF) y número de espiguillas (NEE). La operacionalización y análisis estadístico de variables fenotípicas fue como sigue:

a) Análisis estadístico descriptivo: con la finalidad de resumir y describir el comportamiento de la expresión fenotípica de las variables cuantitativas evaluadas, para el estudio se consideró el análisis de tendencia central, dispersión y distribución.

b) Análisis de varianza: el primer elemento en el análisis del comportamiento de una serie de genotipos en diferentes ambientes fue la identificación estadística de una interacción genotipo ambiente significativa, para el mismo se llevó a cabo un análisis de la varianza de los ensayos incluidos en el estudio. Este análisis procedió en condición previa de la existencia de homogeneidad de varianzas. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = observación de la variable de la respuesta

μ = media general

β_j = efecto del j -ésimo bloque

τ_i = efecto del i -ésimo cultivar

ε_{ij} = efecto aleatorio del error experimental

Para efectos de analizar las varianzas del conjunto de los ensayos de las siete localidades, se estableció un modelo mixto con los componentes siguientes:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j(\alpha_i) + \gamma_k + (\alpha\gamma)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = observación de la variable de la respuesta

μ = media general

α_i = efecto del i -ésimo ambiente

$\beta_j(\alpha_i)$ = efecto del j -ésimo bloque anidado en el i -ésimo ambiente

Y_k = efecto del k -ésimo cultivar

$(\alpha Y)_{ik}$ = efecto de la interacción del i -ésimo ambiente por el k -ésimo cultivar

ε_{ij} = efecto aleatorio del error experimental

c) Análisis de estabilidad de Eberhart y Russell:

Para el análisis de estabilidad fenotípica se utilizaron los métodos propuestos por Eberhart y Russell, 1966. En este caso, se incluye al coeficiente de regresión (β_i), calculado en base al efecto ambiental (índice ambiental), considerado fijo y a la varianza de las desviaciones de regresión por genotipo (δ_{ij}). β_i representa la respuesta de un genotipo al mejorar la condición ambiental, en tanto que el segundo ofrece una medida de variabilidad, interpretada como falta de estabilidad. Un genotipo es considerado estable si su coeficiente de regresión es igual a 1 y las desviaciones de regresión son iguales a cero. El modelo responde a la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = promedio del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente.

μ_i = promedio del i -ésimo genotipo en todos los ambientes.

β_j = coeficiente de regresión que mide la respuesta del i -ésimo genotipo a la variación ambiental.

I_j = índice ambiental.

δ_{ij} = desvío de la regresión del i -ésimo genotipo en el j -ésimo ambiente.

ε_{ij} = la desviación de la regresión de la variedad y el ambiente. El índice ambiental, en cada ambiente es calculado por el desvío del promedio de todos los genotipos en ese ambiente, en relación con el promedio general: $I_j = Y_j - Y$.

a) Análisis de estabilidad AMMI (efectos aditivos y multiplicativos): El modelo AMMI (efectos principales aditivos e interacción multiplicativa) combina análisis de varianza y análisis de

componentes principales en un único modelo aditivo para los efectos principales de genotipos y ambientes y multiplicativo para los efectos de interacción de genotipo por ambiente. El Biplot se construyó a partir de los datos de rendimiento de varias localidades mediante el modelo lineal / bilineal AMMI. El modelo AMMI está representado por la siguiente ecuación:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_j + \sum \lambda_n \gamma_{in} + \delta_{jn} + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = representa la media del i -ésimo cultivar en el j -ésimo ambiente.

μ = es la media general.

G_i y E_j = son los efectos principales atribuidos al genotipo (cultivar) y ambiente.

λ_n = es el valor singular del n -ésimo eje del Componente Principal.

δ_{jn} = representan las puntuaciones para el i -ésimo cultivar y el j -ésimo medio ambiente en el n -ésimo eje del componente principal.

ε_{ij} = es el error experimental agrupado.

El análisis combina los resultados en un simple Biplot para cada localidad para proporcionar una detección más conservadora de las interacciones del genotipo $\times$ ambiente repetido a través de los años. Se adoptó el programa SAS de Burgueño *et al.* (2001) para generar las puntuaciones de los ambientes y genotipos para los dos primeros términos bilineales ($n = 2$). El análisis AMMI facilitó la identificación de grupos de ambientes de igual respuesta, ambientes que permiten mejor discriminación del potencial genético entre genotipos y ambientes correlacionados negativamente. Además, este análisis permitió identificar genotipos con adaptaciones específicas en ambientes determinados.

b) Análisis de estabilidad GGE Biplot.

El modelo GGE biplot se empleó para el análisis de

estabilidad fenotípica (Yan *et al.*, 2000). El análisis se basó en el gráfico producido del biplot simétrico obtenido del programa desarrollado por Burgueño *et al.* (2001). El modelo básico GGE biplot fue el siguiente:

$$Y_{ij} - \bar{Y}_j = \lambda_1 \xi_{i1} \eta_{j1} + \lambda_2 \xi_{i2} \eta_{j2} + \varepsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = es el rendimiento promedio del genotipo i en el ambiente j .

$\bar{Y}_j$ = es el rendimiento promedio de todos los genotipos en el ambiente j

$i1$ y $i2$ = son los valores singulares para CP1 y CP2

ξ_{i1} y ξ_{i2} = son los valores del CP1 y CP2 para el genotipo i .

η_{j1} y η_{j2} = son los valores del CP1 y CP2 para el ambiente j .

ε_{ij} = es el residual del modelo asociado con el genotipo i en el ambiente j .

Este análisis permitió identificar genotipos que muestren una alta estabilidad y altos rendimientos en todas las localidades estudiadas denominándose “genotipo ideal”, el mismo permitió identificar el grado del comportamiento del material genético respecto a las localidades.

Resultados y discusión

La Tabla 3 muestra los resultados de estadística descriptiva para las variables cuantitativas. En la misma, se puede observar la respuesta promedio de la población de variedades en las distintas localidades. Respecto al rendimiento, se verifica rangos dispersos que permiten inferir la amplia variación existente, registrando un rendimiento máximo de 4972 kg ha⁻¹ y al otro extremo un mínimo de 21.8 kg ha⁻¹, siendo esta una de las variables exhibiendo mayor variación, pudiendo la misma atribuirse a la naturaleza de las condiciones experimentales de las localidades a lo largo del país. De la misma manera, se observa comportamientos dispersos en el peso de mil granos con un promedio de 37.2 g y peso hectolítrico con un promedio estimado de 70.7 kg hl⁻¹. En la misma línea, se aprecia características agromorfológicas transgresivas que permiten avizorar respuestas optimistas en los procesos de selección. La mayoría de los valores de coeficiente de sesgo y curtosis no excedieron el rango de ± 1 , indicando que las distribuciones de las expresiones fenotípicas de las líneas estuvieron dentro de los parámetros de normalidad, excepto para peso hectolítrico.

Tabla 3. Estadística descriptiva para variables cuantitativas (PMG: peso de mil granos, PH: peso hectolítrico, RDTO: rendimiento, AP: altura de planta, NEM: número de espigas por metro, LE: longitud de espiga, NGE: número de granos por espiga, NEE: número de espiguillas por espiga, LA: longitud de arista, DF: días a floración) de once cultivares de trigo harinero durante la campaña agrícola 2015-2016.

Variables	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar	Asimetría	Curtosis
PMG [€]	10.00	57.00	37.2	8.95	-0.43	-0.15
PH [€]	42.00	83.20	70.7	7.47	-1.00	1.67
RDTO [¥]	21.88	4972.00	2539.4	1328.37	0.16	-1.10
AP [€]	47.00	105.00	71.7	12.09	0.15	-0.32
NEM ²	78.00	880.00	383.0	185.15	0.38	-0.70
LE [€]	5.00	12.00	8.2	1.27	0.50	-0.05
NGE	13.50	75.00	40.0	11.74	-0.35	-0.15
NEE	10.00	20.00	15.0	1.92	0.21	0.24
LA [€]	3.00	10.50	6.3	1.15	-0.11	0.69
DF ^d	42.00	86.00	66.0	10.72	-0.01	-0.73

[€] mg; [£] kg hl⁻¹; [¥] kg ha⁻¹; [€] cm; ² unidades y ^d días

Con el propósito de transformar variables altamente correlacionadas en componentes principales no

componentes de rendimiento, tolerancia a factores adversos, características de calidad entre otros. La magnitud de los vectores para las variables se encuentra en correspondencia con la proporción de la información de los componentes identificados. De la representación de variables y cultivares se logró identificar el nivel de correlación, por ejemplo, rendimiento, número de granos por espigas, tolerancia a piricularia, densidad de espiga, tolerancia a sequía y área foliar. En esta asociación descrita, se destaca la ubicación de las variedades Reedling #1 y Baj#1.

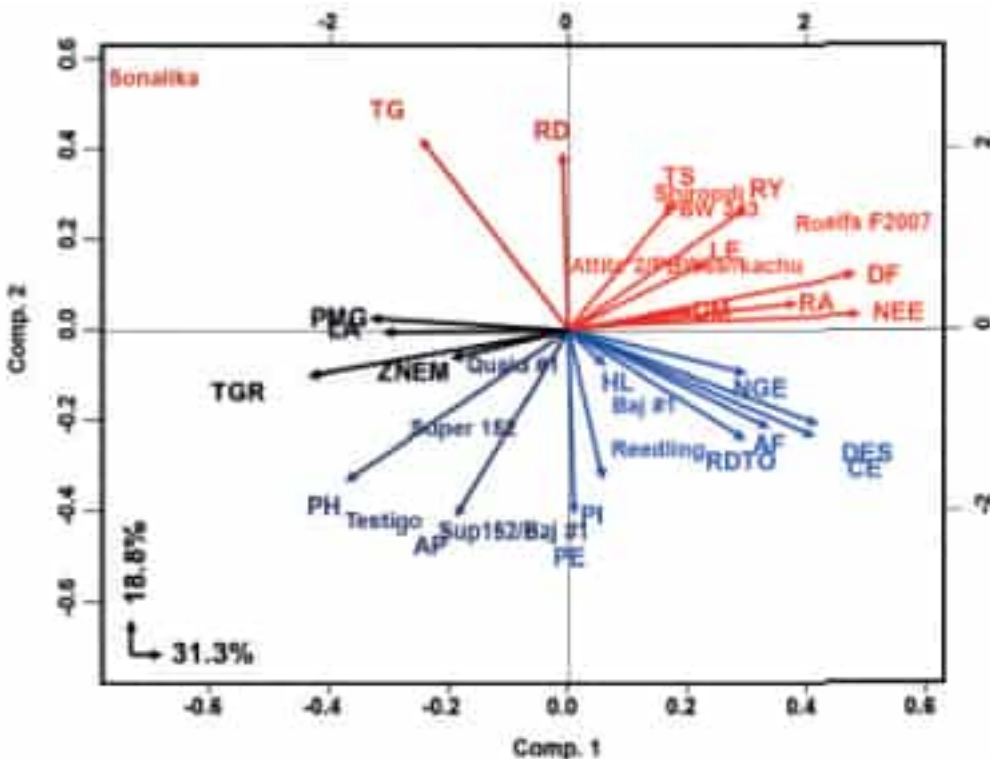


Figura 1. Análisis Biplot correspondiente a las características de las variedades de trigo harinero introducidas del CIMMYT, evaluadas en siete localidades trigueras de Bolivia, durante la campaña agrícola 2015-2016. Las características evaluadas fueron: altura de planta (AP), tamaño de grano (TG), color de espiga (CE), tolerancia a la sequía (TS), tolerancia a la piricularia (PI), rendimiento (RDTO), número de espigas por metro cuadrado (NEM), reacción al acame (RA), tolerancia a la roya (RY), densidad de espiga (DES), reacción al desgrane (RD), color de grano (CG), días a la madurez (DM), tolerancia a *helminthosporium* (HL), longitud de espiga (LE), número de grano por espiga (NGE), longitud de la arista (LA), tipo de grano (TGR), posición de la espiga (PE), peso de mil granos (PMG) y peso hectolítrico (PH), área foliar (AF) y Número de espiguillas (NEE).

El análisis de varianza para el rendimiento de cada una de las localidades muestra la existencia de diferencias significativas entre bloques ($P < 0.05$) en todas las localidades, del mismo modo las variedades muestran diferencias significativas ($P < 0.05$) en las siete localidades, estas diferencias explican el grado diferencial en el comportamiento

de las variedades en las localidades (Tabla 4). Similar respuesta es identificada para el 90% de las variables consideradas en el estudio (resultados no incluidos en este sector). Resultados con características en la misma tendencia fueron reportados por Marza et al 2016.

Tabla 4. Análisis de varianza individual para rendimiento en grano (kg ha^{-1}) para once cultivares de trigo harinero evaluados en siete localidades durante las campañas agrícolas 2015-2016.

FV	GL	Cuadrados medios						
		Sipe-Sipe	Playa Ancha	Berlín	Cruce Incallajta	Valle Grande	Chaguaya	Kallutaca
Bloque	2	891933.2*	153811.9*	18403**	344447.3*	54987.5*	57902.5*	419680.1*
Cultivar	10	622232.3*	437465.2*	795061.1*	1352766.0*	507540.2*	337025.5*	1239374.1*
Error	20	233752.4	199848.7	26733.6	205650.6	60205.0	57322.1	114502.5
CV (%)		11.9	10.8	19.2	14.6	13.2	18.6	14.3
R ²		0.63	0.54	0.94	0.77	0.80	0.75	0.85

FV=fuentes de variación; GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación y R²=coeficiente de determinación

* Significancia estadística al 5% de probabilidad

** Significancia estadística al 1% de probabilidad

ns No significancia estadística

En la Tabla 5, se presenta el análisis de varianza combinado a través de localidades para la variable rendimiento en grano (tha^{-1}), en el mismo, se observa diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre localidades y localidades por genotipos, sin embargo, el efecto del genotipo no fue significativo por las características de la población (variedades). El efecto localidad resultó altamente significativo en términos de la expresión de productividad del material, siendo ésta el reflejo de las características

distintivas de cada sistema, además de la expresión de los factores de producción. El factor de variación de localidades $\times$ genotipos (interacción) explica el grado diferencial en el comportamiento de los genotipos en las distintas localidades, verificándose una respuesta a la especificidad en términos de adaptabilidad a las condiciones ambientales y de factores de producción que ameritan un análisis más detallado a través de metodologías diseñadas para el efecto.

Tabla 5. Análisis de varianza combinado para rendimiento en grano (kg ha^{-1}) para once cultivares de trigo harinero evaluados en siete localidades durante las campañas agrícolas 2015-2016.

FV	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F-Valor	Pr > F
Localidad	6	330970335.5	55161722.6	198.92	0.0001
Bloq/Loc	14	3882330.8	277309.3	2.15	0.0127
Genotipo	10	10883405.7	1088340.6	1.55	0.1432
Loc $\times$ Gen	60	42031239.3	700520.7	5.42	0.0001
Error	140	18080298.3	129145.0		
Total	231	405847609.7			
CV (%)		14.2			
R²		0.95			

FV=fuentes de variación; GL=grados de libertad; CV=coeficiente de variación y R²=coeficiente de determinación.

Los parámetros de estabilidad estimados de acuerdo al modelo de Eberhart y Russell permitieron identificar las variedades más estables en términos de ambiente (Tabla 6 y Figura 2). Las variedades que presentaron valores de coeficiente de regresión (β_i) cercano a uno y desviaciones de regresión (δ_{ij}) con valores diferentes a cero fueron los siguientes:

Reedling #1, Baj #1, Attila*2/PBW65//kachu, Quaiu #1, PBW 343 y Sonalika, estos cultivares exhibieron alta estabilidad fenotípica, de estas, el cultivar Reedling #1 resultó ser el de mayor potencial productivo a través de las diferentes localidades comprendidas en el estudio.

Tabla 6. Rendimiento promedio (kg ha^{-1}) y parámetros de estabilidad de once cultivares de trigo harinero evaluados en once localidades durante la campaña agrícola 2015-2016.

Nº	Cultivar	Promedio	Coficiente de Regresión (β_i)	Desviación de la Regresión (δ_{ij})	OM
1	Reedling #1	3101.5	1.01	-1894.1	1
2	Roelfs F2007	2694.9	1.21	639544.2	2
3	Sup152/Baj #1	2636.7	0.88	223528.2	3
4	Baj #1	2626.4	0.93	42725.2	4
5	Shiroodi	2534.2	1.19	139892.2	5
6	Attila*2/PBW65//kachu	2508.3	1.08	200130.6	6
7	Quaiu #1	2425.9	0.99	17524.9	7
8	Super 152	2387.7	0.83	168291.3	8
9	Testigo	2385.9	0.83	122436.7	9
10	PBW 343	2335.7	1.08	152286.8	10
11	Sonalika	2296.2	0.96	242481.7	11

En la Tabla 6 se observa el ranking de rendimiento promedio alcanzado por las once variedades de trigo harinero promediado sobre siete localidades para la campaña agrícola 2015-2016. Se identificaron a los cultivares Reedling #1, Roelfs F2007, Sup152/Baj#1 y Baj#1 con $3101.5 \text{ kg ha}^{-1}$, $2694.9 \text{ kg ha}^{-1}$, $2636.7 \text{ kg ha}^{-1}$ y $2626.4 \text{ kg ha}^{-1}$ respectivamente, resultando ser los de mayor potencial productivo, superando ampliamente al testigo local, característica que refleja la aptitud genética superior bajo las condiciones de producción de las zonas trigueras representativas del país. Marza *et al.* (2015) compararon los rendimientos de líneas élites de trigo harinero recomendada para las zonas semiáridas (SAWYT)

en doce localidades y reportaron rendimientos promedios de $1977.4 \text{ kg ha}^{-1}$, inferiores en un 20% a los obtenidos en el presente estudio, atribuyéndose el mismo a la ampliación de la variabilidad genética en el transcurso del avance del programa trigo del INIAF, así como el desempeño favorable de los factores físicos de producción.

Las variedades Roelfs F2007, Sup152/Baj #1, Shiroodi, Super 152 y Testigo presentaron los valores de coeficiente de regresión (β_i) diferente a uno y desviaciones de regresión (δ_{ij}) con valores diferentes a cero, estas cultivares fueron calificadas como muy inestables con respuestas inestables a través de los ambientes incluidos en el estudio.

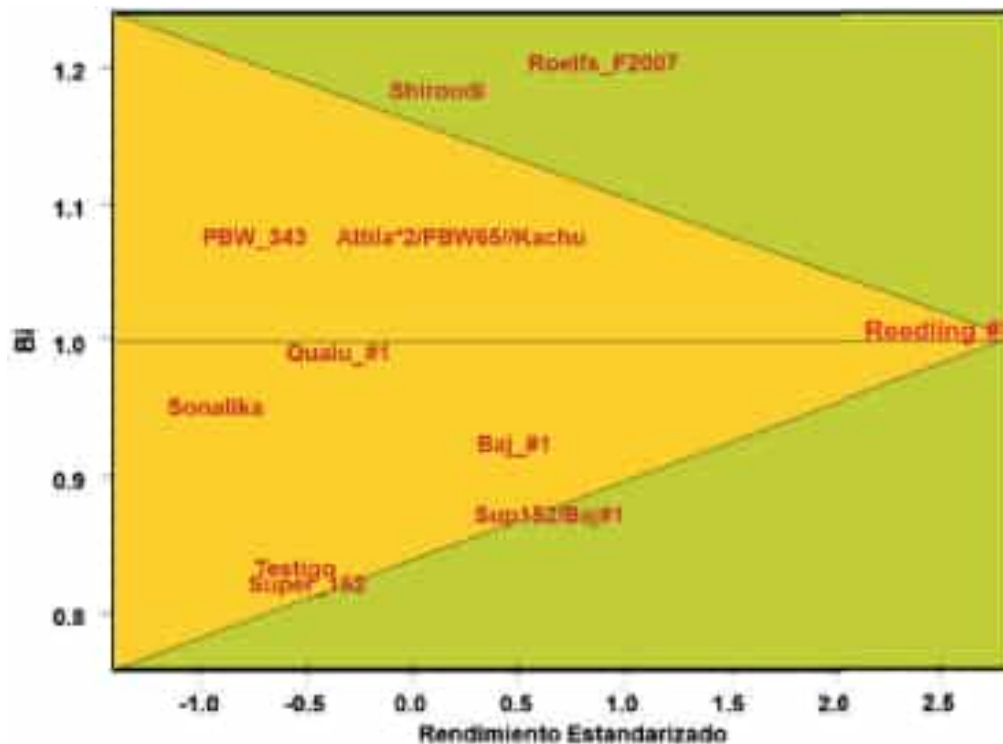


Figura 2. Coeficientes de regresión versus promedio de rendimiento estandarizado para once variedades de trigo harinero evaluadas en siete localidades durante la campaña agrícola 2015-2016.

Las desviaciones de regresión (δ_{ij}) mostraron, para todos los casos, ser diferentes de cero, lo que indica que el modelo lineal no es el apropiado para describir la respuesta de los genotipos en función del efecto ambiental, ya que, según este criterio, los genotipos no son estables debido a variaciones impredecibles.

El análisis AMMI (Figura 4) permitió detectar diferencias estadísticamente significativas entre ambientes, genotipos y la interacción genotipo $\times$ ambiente para la mayoría de variables consideradas. Efectos altamente significativos para la interacción justifican análisis posterior para determinar el efecto en el comportamiento de los diferentes cultivares a través de los ambientes.

La transformación de las correlaciones con respecto a rendimiento entre cultivares, así como localidades, es explicada en proporción a la variación total explicada, siendo que con esta metodología se

explicó el 75% de la variabilidad en el estudio a través de los dos componentes identificados.

El polígono trazado con los cultivares más alejados del origen del biplot (Sup152/Baj#1, Sonalika, Roelfs F2007, Attila*2/PBW65/Kachu) se denominan cultivares vértice, estas exhibieron mayor interacción genotipo $\times$ ambiente, por tener los vectores de mayor magnitud en sus respectivas direcciones, además mostró adaptaciones específicas muy sensibles ante cambios ambientales. El trazo perpendicular en cada lado del polígono y que atraviesa el origen, permitió identificar cinco sectores, con el cultivar extremo ubicado en el vértice del mismo. Para Yan y Kang (2003), un cultivar que se encuentra en el origen, se clasificaría con un comportamiento similar en todos los ambientes; por lo tanto, no respondería al cambio ambiental, en este caso Reedling #1 está cerca del origen en sentido positivo y representa el cultivar que tiene mayor estabilidad para la variable rendimiento.

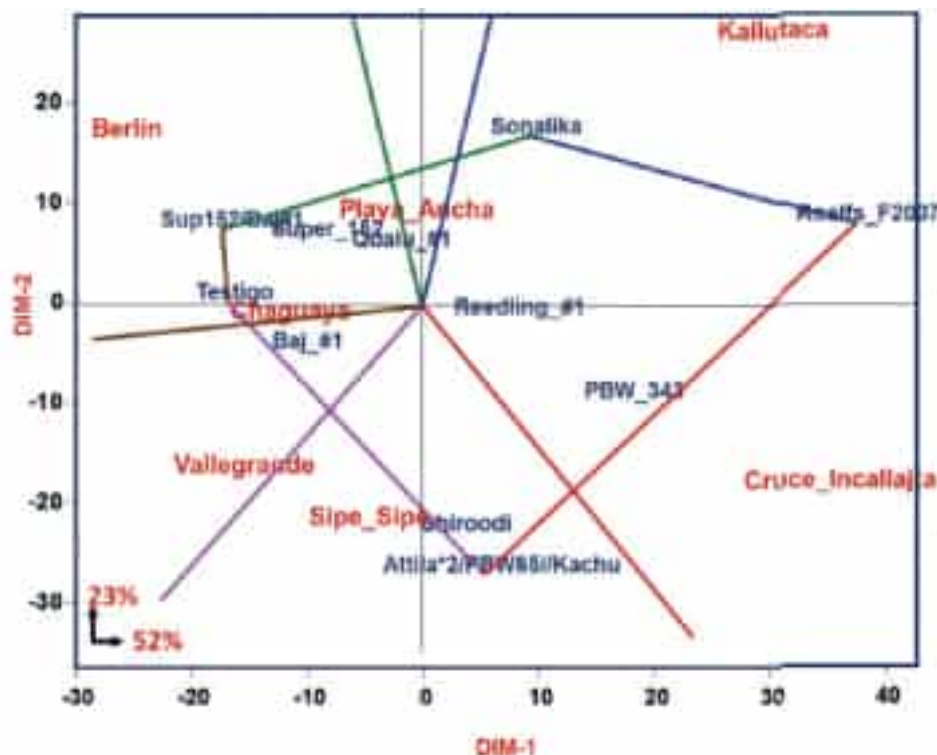


Figura 3. Componente Principal (CP), análisis aditivo de efectos principales y de interacción multiplicativa (AMMI) resumiendo el comportamiento de once cultivares de trigo harinero evaluado en siete localidades durante la campaña agrícola 2015-2016.

El modelo GGE biplot explicó 59.4% de los efectos combinados de genotipos y de la interacción genotipo ambiente, el CP1 36.5 % y el CP2 22.87 % de la variabilidad total (Figura 4). Estos resultados permiten una interpretación confiable del comportamiento de la interacción genotipo $\times$ ambiente, ya que un valor aceptable es una proporción mayor a 60 % (Crossa, 1990; Rodríguez *et al.*, 2005).

La gráfica GGE biplot permitió visualizar el comportamiento de los cultivares en un ambiente dado (Figura 4). La línea que pasa a través del origen del biplot y el valor del genotipo Reedling #1 es el más alejado del origen y está proyectada en las localidades de Sipe Sipe y Vallegrande. La línea que atraviesa el origen del biplot y es perpendicular al eje de Reedling#1 separa los cultivares con un rendimiento mayor a la media.

La distancia desde el origen del biplot a la marca de un ambiente se llama vector ambiental y la longitud del vector es una medida de la habilidad de los ambientes para discriminar el comportamiento de los cultivares. Un vector corto respecto al tamaño del biplot implica que todos los cultivares tienen un rendimiento similar en el ambiente asociado. Así, las diferencias entre cultivares basadas en proyecciones con vectores ambientales cortos no son confiables (Yan y Hunt, 2002).

El GGE biplot permite identificar el genotipo ideal que tiene las características de tener al mismo tiempo el mayor rendimiento medio y alta estabilidad en todos los ambientes. Por tanto, el genotipo ideal es un punto denominado absolutamente estable en la dirección positiva y la longitud de su vector asociado debe ser igual al de mayor vector genotipo del lado positivo. Los círculos concéntricos con

centro del genotipo ideal permiten visualizar la distancia entre todos los genotipos y el genotipo ideal (Yan, 2001).

En la Figura 4, se destaca a Reedling #1 y se constituye en el genotipo ideal que obtuvo el mayor rendimiento y también destaca por su alta estabilidad en los siete ambientes seguida de Attila*2/PBW65//Kachu y Shiroodi.

Yan y Kang (2003) señalan que la estabilidad es importante, aunque es sólo un modificador del rendimiento medio. Una medida de la estabilidad determinada por la interacción genotipo $\times$ ambiente, es útil sólo cuando se considera conjuntamente con el rendimiento de los cultivares. Por ejemplo, Shirodi es uno de los más estables conjuntamente con Reedling #1; esto no significa que sean los cultivares más deseables, pues el resultado sólo indica que obtuvieron rendimientos medios en la mayoría de los ambientes (Yan y Kang 2003).

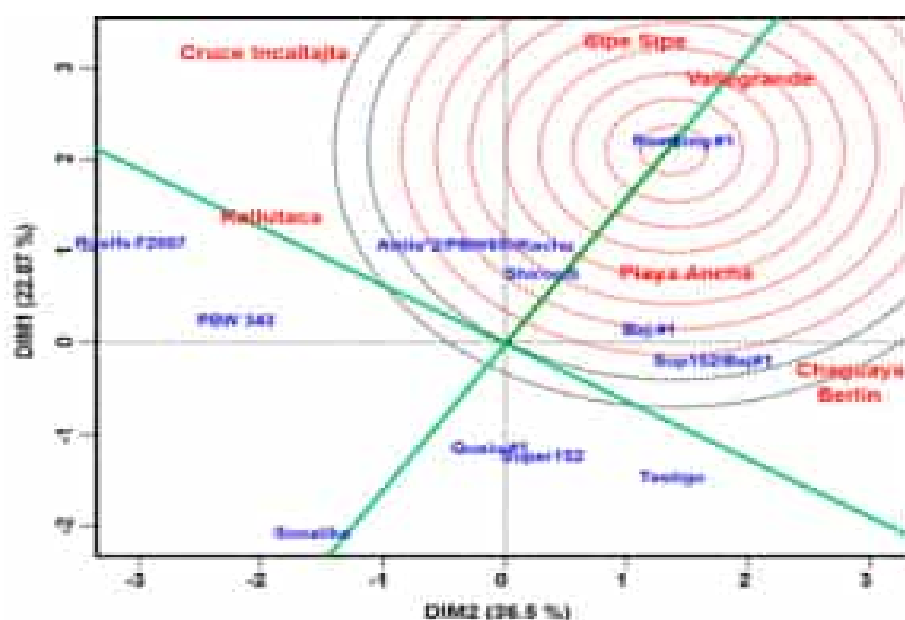


Figura 4. Análisis GGE Biplot del genotipo ideal con respecto a rendimiento y estabilidad de once cultivares de trigo harinero evaluado en siete localidades durante la campaña agrícola 2015-2016.

Conclusiones

Se identificó al cultivar Reedling #1 como el de mayor potencial productivo en un amplio rango de localidades representativas para la producción de trigo en Bolivia. Los cultivares Roelfs F2007 y Super152/Baj#1 fueron identificados como muy promisorios; sin embargo de menor potencial productivo respecto a Reedling #1.

La distribución de los cultivares en los análisis de estabilidad de Eberhart y Russell, el modelo AMMI

y el modelo GGE biplot permitieron identificar al cultivar Reedling #1 cerca a los parámetros ideales de estabilidad y también cerca del origen, con tendencia de dirección vectorial positiva, indicando que el mismo mostro mínima interacción con los ambientes, verificándose su adaptabilidad a un rango amplio de ambientes, constituyéndose en la más estable; mientras que los cultivares Roelfs F2007 y Super152/Baj#1 se mostraron algo alejados del punto de origen mostrándose como materiales con adaptabilidad específica.

Referencias

- Abderrahmane, H., Z. Abidine, F. Hamenna, B. Ammar. 2013. Correlation, path analysis and stepwise regression in durum wheat (*Triticum durum* desf.) under rainfed conditions. *Journal of Agriculture and Sustainability*. 3(2): 122-131
- Allard R.W., and Bradshaw A.D. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 03-507
- Burgueño J., J. Crossa, and M. Vargas. 2001. SAS Programs for graphing GE and GGE biplot. The AMMI analysis and graphing the biplot. Biometrics and Statistics Unit CIMMYT, México. pp: 29-36.
- Crossa J. 1990. Statistical analysis of multilocation trials. *Adv. Agron.* 44: 55-85
- Crossa, J. 2012. From genotype $\times$ environment interaction to gene $\times$ environment interaction. *Current Genomics* 13: 225-244
- Eberhart S.A., Russell W.A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40
- Gauch, H.G., H.-P. Piepho, and P. Annicchiarico. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: further considerations. *Crop Sci.* 48: 866-889
- Hussein, M.A, Bjornstad, A., and A.H. Aastveit. 2000. SASG X ESTAB: A SAS program for computing genotype x environment stability statistics. *Agron. J.* 92: 454-459. *Agron. J.* 92:454-459
- INE. 2015. Reporte anual de estadísticas agrícolas de Bolivia. La Paz, Bolivia, 24 p
- Kang, M.S., M.G. Balzarini, and J.L.L. Guerra. 2004. Genotype-by-environment interaction. In (A.M. Saxton ed.) *Genetic Analysis of Complex Traits Using SAS*. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Lantican, M; Braun, H.; Payne, T; Singh, R.; Sconder, K.; Braun, M.; Ginkel, M. and Erenstein, O. 2016. Impacts of International Wheat Improvement Research 1994-2014. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, DF. 59 p.
- Marza, F.; Butrón R.; Quispe, F.; Gutierrez, G.; Huallpa, B.; Vaca, L. y Jerez, E. 2016. Estabilidad en genotipos de trigo harinero en condiciones semiáridas. En *Trigo Generando Tecnología de Producción*. Revista INFO-INIAF. Pp: 1-16
- Peipho, H.P., and J. Mohring. 2005. Best Linear unbiased prediction of cultivar effects for subdivided target regions. *Crop Sci.* 45: 1151-1159
- Poysa V.W., Garton R., Courtney W.H., Metcalf J.G., Muehmer J. 1986. Genotype-environment interactions in processing tomatoes in Ontario. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(2): 293-297
- Rodríguez P., J. E., J. Sahagún, H. E. Villaseñor, J. D. Molina, y A. Martínez. 2005. La interacción genotipo $\times$ ambiente en la caracterización de áreas temporales de producción de trigo. *Agrociencia* 39: 51-64
- Smith, A.B., B.R. Cullis, and R. Thompson. 2005. The analysis of crop cultivar breeding and evaluation trials: an overview of current mixed model approaches. *Journal of Agricultural Science* 143: 449-462
- Yan, W. 2001. GGE-biplot- a Windows application for graphical analysis of multi-environment trial data and other types of two-way data. *Agron. J.* 93(5): 1111-1118
- Yan, W., and J.B. Holland. 2010. A heritability-adjusted GGE biplot for test environment evaluation. *Euphytica* 171: 355-369
- Yan, W., and L. A. Hunt 2002. Biplot Analysis of Multi environment Trial Data. In: Kang, M. S. (ed). *Quantitative Genetics, Genomics, and Plant Breeding*. CABI Publishing, CAB International, Wallingford. Oxon Ox10 8DE UK. 400 p.
- Yan, W., and M. Kang. 2003. GGE Biplot Analysis: A Graphical Tool for Breeders, Geneticists, and Agronomists. CRC Press, Boca Raton, FL. 271 p.
- Yang, R.-C., J. Crossa, P.L. Cornelius, and J. Burgueño. 2009. Biplot analysis of genotype x environment interaction: proceed with caution. *Crop Sci.* 49: 1564-1576

Tratamiento del agua en atajados del Chaco Boliviano, mediante tecnología biológica y su valoración económica

Water treatment in artificial lagoons in the Bolivian Chaco through biological technology and its economic valuation

María Hidalgo ^{1,*}

¹ Fundación Nacional de Integración Nacional, Ecológica, Sustentable y Sostenible (FINESS). Programa de Cambios Globales.

Edificio Alborada, Piso 9 c. Mercado, La Paz, Bolivia

*Email para correspondencia: mchidalgo30@hotmail.com

Resumen

Las construcciones de atajados de tipo precarias sin ningún servicio básico en las comunidades del Chaco Boliviano, generan con el tiempo agua contaminada que causan enfermedades gastrointestinales (EDA) provocando la mortalidad. Como objetivo se implementó una planta de tratamiento piloto mediante tecnología biológica en dos atajados para mejorar las condiciones de vida de 295 familias indígenas de dos comunidades, Rancho Nuevo (Yarumbairú) y Rancho Viejo (Guirapembi) en la jurisdicción Municipal de Charagua, denominadas comunidades cautivas sin acceso a agua. Primero se hizo un tratamiento preliminar que tuvo el objetivo de acondicionar el agua, para su ingreso a la planta, mediante la construcción de dos estanques o lagunas y un tanque, de acuerdo a su tamaño las llenaron de plantas acuáticas flotantes, lo cual nos ha permitido conocer el funcionamiento de la remoción de nutrientes, demanda biológica de oxígeno y bacterias. El tratamiento biológico removió la cantidad de Coliformes fecales y Coliformes Totales, así también el contenido de fosfatos. Finalmente se obtuvo un tratamiento químico básico, basado únicamente en desinfección para cumplir con el criterio mínimo de salubridad. La aplicación nos permitió obtener proteínas por el uso de las plantas acuáticas, un nuevo alimento complementario Lemma (lenteja) para los animales, por las características bioquímicas de que se asemejan bastante a la soya en su contenido. Para el mantenimiento de la planta y la calidad del agua se ha diseñado una tasa modelando los niveles de ingreso del usuario a través de la medición del valor de uso directo y el valor de uso indirecto.

Palabras Clave: Tecnología biológica, tasa de consumo de agua, mantenimiento de planta

Abstract

The constructions of precarious types helters without any basic service in the communities of the Bolivian Chaco, over time they generate contaminated water that causes gastrointestinal diseases (EDA) causing mortality; the main cause is contaminated water. First there was a preliminary treatment that had the objective of conditioning the water, for its entrance to the plant, by means of the construction of two ponds or lagoons and a tank to improve the living conditions of 295 indigenous families of two communities, New Ranch (Yarumbairú) and Old Ranch (Guirapembi) in the Municipal jurisdiction of Charagua, called captive communities without access to water, according to their size they were filled with floating aquatic plants, which has allowed us to know the operation of the removal of nutrients, biological demand of oxygen and bacteria. The biological treatment removed the amount of Fecal Coliforms and Total Coliforms, as well as the phosphate content; Finally, a basic chemical treatment was obtained, based only on disinfection to comply with the minimum health criteria. For the maintenance of the plant and the quality of the water a rate has been designed modeling the user's income levels through the measurement of the direct use value and the value of indirect use.

Keywords: biological technology; water consumption rate; plant maintenance

Introducción

Las comunidades de El Chaco Boliviano, dentro de sus actividades socioeconómicas presentan una agricultura de subsistencia, sumadas a las adversidades climatológicas efectuados por la sequía, los agricultores no tienen las condiciones favorables, capaces de generar ingresos económicos, que posteriormente repercuten en los altos niveles de pobreza que presenta la región. Las frecuentes sequías que viene soportando el agricultor afecta en forma considerable la situación socioeconómica. Las construcciones de atajados de tipo precarias sin ningún servicio básico generan con el tiempo una serie de problemas sociales, sumados a enfermedades que se dan en la mayoría de las comunidades indígenas, cada vez más acentuadas por las constantes epidemias en la región. Una de las principales causas de mortalidad son las enfermedades gastrointestinales (EDA), las causa principales son las aguas contaminadas por falta de higiene y la mala nutrición. En la época de estiaje en toda la región de la provincia Cordillera la mortandad es alta debido fundamentalmente a la falta del líquido elemento (agua), lo que hace que tanto pequeños productores como grandes que carecen de infraestructura adecuada (atajados acondicionados), registren pérdidas económicas. La falta de agua en el sector pecuario se traduce o se refleja en los índices zootécnicos que en la mayoría de los casos son bajos. Por los antecedentes arriba mencionados el estudio tiene el objetivo de mejorar las condiciones de vida de 295 familias indígenas de dos comunidades denominadas cautivas de agua, Rancho Nuevo (Yarumbairú) y Rancho Viejo (Guirapembi) en la jurisdicción municipal de Charagua, beneficiando a una población de 1477 personas entre hombres, mujeres y niños, disminuyendo en 70% las enfermedades gastrointestinales en el área rural a partir del consumo de agua limpia, en menos de un año, mediante: La construcción de dos atajados implementando una Planta de Tratamiento con Tecnología biológica para la obtención de agua potable para un mejor aprovechamiento en el consumo humano y animal en épocas de sequía, asegurando la provisión del agua durante la época de estiaje y

la apropiación de la tecnología por los comunarios indígenas, mediante el cobro de una tasa de agua para el mantenimiento de la planta. Adicionalmente, los objetivos específicos fueron los siguientes: Estimar el valor económico directo del agua limpia en la Tierra Comunitaria de Origen (TCO) Bajo Isoso. Evaluar los factores determinantes para la disposición a pagar por agua tratada o limpia. Determinar tarifas de cobro por servicio de agua tratada en las comunidades rurales beneficiadas por el proyecto piloto.

Materiales y métodos

Infraestructura de la obra

Se ha estudiado el proceso en dos atajados, una por cada comunidad, construyendo dos estanques y un tanque, de acuerdo los siguientes pasos: Replanteo y trazado de atajados; replanteo y trazado de lagunas, estanques y tanques in situ con instrumentos de precisión; se hizo la limpieza y remoción de capa vegetal dejando el área libre de raíces y troncos; excavación en los atajados y evacuación del material excavado; conformación de terraplén y compactado de reservorios, depósito de materiales provenientes de cortes o préstamos dentro de los límites; revestimiento para zanja, H^oC°, excavación para las obras que comprenden las zanjas, el revestimiento de zanjas para lagunas estuvo compuesto de cemento, agregado grueso, agregado fino, piedra agua y aditivos que fueran requeridos, dosificados y mezclados de acuerdo a lo establecido; se realizó la construcción de estanques y tanque, para las obras que comprenden las lagunas de tratamiento; se realizó la construcción de tanques para consumo humano (agua potable) y animal (agua filtrada), la excavación para las obras que comprenden las lagunas de tratamiento, cuyo volumen de agua u otro líquido resultante de las operaciones de construcción es expulsado por bombeo o desagüe; colocación de cemento portland normal según especificación AASHTO M-134, a la losa de H^oA° para las lagunas, dosificado y mezclado con agregado grueso, agregado fino, piedra, agua y aditivos que fueran requeridos; lagunas de ladrillo revestido de muros, garantizando que la provisión de la lemma debe

estar en buen estado antes de su colocación; provisión y colocación de tubería PVC $\varphi=2''$, $\varphi=4''$ y $\varphi=6''$; se colocó una bomba manual para agua potable; se colocó llave de paso 2'', 4'' y 6'' colocando accesorios; reservorio con tapa, losa de H^oA^o y muros de ladrillo; relleno compactado con tierra seleccionada. Los rellenos se realizaron con materiales provenientes de cortes o préstamos. Los bebederos se ejecutarán empleando ladrillos macizos; canaletas o recolección para agua tratada, colocación de canaletas de lata; colocación de placas perforadas para regulación de

caudal en lagunas; colocación de un cerco perimetral donde se incluyó el portón de malla olímpica.

Alternativas de tratamiento y criterios de diseño

Primero se acondicionó un canal para el ingreso del agua contaminada a la planta, por los caudales de diseño tan pequeños que se presentan; el tratamiento preliminar consta únicamente de una reja y bomba manual para el abastecimiento de agua en los estanques (Figura 1).

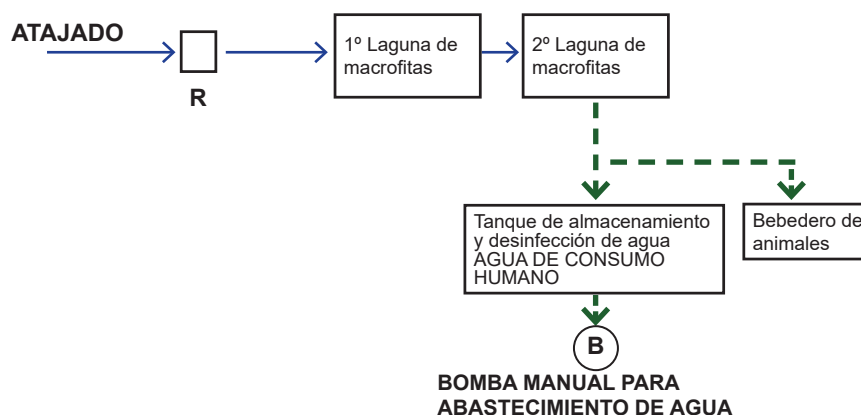


Figura 1. Distribución esquemática de la construcción de los estanques.

El tratamiento biológico propuesto tuvo como finalidad remover la cantidad de coliformes fecales y coliformes totales, así también el contenido de fosfatos. Finalmente se obtuvo un tratamiento químico básico, basado únicamente en desinfección (hipoclorito de sodio), con el objetivo de lograr la calidad deseada, y cumplir con

el criterio mínimo de salubridad. A la izquierda de la Figura 2, se observa el bebedero de animales y en el medio el tanque de tratamiento químico del agua con hipoclorito de sodio, para la obtención de agua potable, a la cabeza del tanque se observa el grifo.



Figura 2. Ilustración de la infraestructura de la planta de tratamiento.

Sistemas con lenteja de agua o Lemna

Comparativamente con los sistemas convencionales ofrecen la posibilidad no sólo de remover eficientemente y a bajo costo la materia orgánica y los sólidos suspendidos, sino también los nutrientes y las sales que en forma disuelta se encuentran en el agua, produciendo en una o dos etapas -si se tiene pretratamiento- efluentes de calidad terciaria; recuperación de los nutrientes presentes en las aguas residuales en forma de biomasa vegetal; el tamaño y estructura de la planta permite una fácil remoción por medio de implementos muy sencillos; el contenido alto de proteína y bajo en fibra le da a la lenteja de agua un valor nutricional y digestivo alto en ganado; el cubrimiento total de la superficie del agua proporciona condiciones de aquietamiento que facilitan la sedimentación y evita el crecimiento de algas, a diferencia de las lagunas convencionales en donde la presencia de algas aumenta las concentraciones de sólidos suspendidos en el efluente; así mismo, el cubrimiento total de la superficie evita el crecimiento de mosquitos (Skillicorn, 1993); la capa formada por las plantas previene la salida de gases que pueden producir malos olores. En el caso del ácido sulfhídrico, se considera que este es oxidado en las capas de agua cercanas a la superficie, que tienden a ser aeróbicas por efecto de la cercanía a las plantas; se reducen las pérdidas por evaporación, puesto que la superficie del agua está cubierta. Esto es particularmente importante en zonas muy secas; la utilización de la lenteja de agua es altamente competitiva con respecto a otros métodos de tratamiento secundario existentes, ya que pueden reducir significativamente los gastos de todo el tratamiento además de los subproductos que se obtienen (Osorio, 2005).

Desinfección

Se trata de una desinfección mediante el hipoclorito de sodio dosificado entre 0.5 - 3 mg l⁻¹, concentraciones más altas contienen sabor y olor. La concentración de cloro residual aconsejable es de mínimo 0.2 mg l⁻¹. La dosificación en peso de hipoclorito de sodio se calcula

de la siguiente manera:

$$P_v = \frac{V \times D}{\%C \times 10} [gr \text{ o } cc]$$

Donde:

P_v = Peso o volumen del desinfectante.

V = Volumen de agua a desinfectar.

D = Dosis aplicada (mg l⁻¹) que como mínimo deje 0.2 mg l⁻¹

%C = Porcentaje activo del desinfectante.

Cada toma de muestras está conformada por una muestra en la superficie, una media y una inferior, para el análisis fisicoquímico; y una muestra para el análisis bacteriológico.

Valoración económica del agua para diseño de la tasa

Conceptualmente, el valor económico total (VET) de un recurso cualquiera, entre ellos el agua, está dado por el valor de uso (VU) y el valor de no uso (VNU). El valor de uso puede dividirse en valor de uso directo (VUD), valor de uso indirecto (VUI) y valor de opción (VO) o valor de uso potencial. Por otro lado, las categorías del valor de no uso (VNU) son el valor de existencia (VE) y valor de legado (VL), por lo tanto podemos representar la ecuación siguiente:

$$VET = VU + VNU \text{ ó } VET = (VUD + VUI + VO) + (VE + VL)$$

Estos valores fueron reflejados según cada individuo o colectivo dependiendo de la intensidad de uso del recurso, su bagaje cultural, sus creencias, las posibilidades de uso futuro o alternativo, entre otros. Una estimación del valor económico total requirió, por tanto, evaluar todos estos tipos de valor de uso.

Valoración económica del recurso agua limpia en los atajados

La realización de esta investigación permitió establecer pagos o tarifas para el mantenimiento y renovación de estos sistemas, por el servicio de abastecimiento de

agua tratada o limpia. Así mismo, como recurso el agua dulce en el mundo es cada vez más escaso, asumiendo que la tendencia per cápita tiende a disminuir de manera sostenida, por lo que como bien económico, el agua tratada tiene un precio. Se estimó un modelo econométrico lineal múltiple mediante Mínimo Cuadrado Ordinario (MCO). La variable dependiente es la disponibilidad a pagar y las que se indican en el cuadro son las variables independientes. La función de demanda fue:

$$Q_w = Q_w(p_w, p_a, p; y; z)$$

Donde:

Q_w : nivel individual de consumo de agua en un determinado tiempo y período

p_w : precio del agua

p_a : precio del agua de una fuente alternativa

p : precio índice promedio que representa todos los otros bienes y servicios

y : ingreso del consumidor

z : otros factores como clima y preferencias

Los entrevistados se agruparon en submuestras y a cada miembro de la submuestra, se les presentó un mismo precio, preguntándole si pagarían dicho precio o no. A cada submuestra se le asignó aleatoriamente un precio. El método fue familiar para la mayoría de entrevistados debido a que sus decisiones en el mercado cuando compran algo la hacen similarmente. Elimina el sesgo estratégico pues los entrevistados no tienen incentivo para sesgar su respuesta. El modelo estadístico usado fue el Logit, el cual predijo la probabilidad de aceptar una oferta en función del valor requerido y otras variables (socioeconómicas, actitudes y creencias). El método Logit es más complejo y menos familiar que el usado para la pregunta abierta y subasta (se calcula más fácil el valor de la media o la mediana). También existió una combinación del método de referéndum con uno de seguimiento. Si la respuesta es no, se le proporciona un nuevo valor más pequeño, seleccionado aleatoriamente. Si es sí, se proporciona un nuevo valor más grande, seleccionado aleatoriamente. Con este

proceso se ganó en información y se redujo el número de muestra que requiere el método de contingencia mediante encuestas. Se consideraron los siguientes datos para la valoración, una vez realizada la encuesta y sistematizados. El trabajo de investigación estimó sólo el valor de uso directo del agua en la TCO mencionada. Concretamente, dado que el agua que se consume trae consigo consecuencias colaterales en la salud de las familias que habitan en la zona rural, se pudo medir el valor subjetivo que los pobladores asignaron al agua limpia, en promedio. Este valor de uso directo fue estimado mediante la aplicación del método de Valoración Contingente definiendo por niveles de ingreso la Disponibilidad a Pagar (DAP) por agua potable o limpia. El propósito de la valoración contingente (Hanemann, 1994) es “derivar” las preferencias del consumidor. Normalmente el procedimiento seguido en la práctica consistió en analizar la conducta de la persona (en el estudio con la aplicación de las encuestas) con respecto a algún bien privado, que tiene por tanto un mercado, y que guarda relación con el disfrute del bien individual (Azqueta, 1994). Entre los factores que influyen en las preferencias por el uso de agua tratada en el estudio, asumimos: el número de miembros de la familia, edad, educación, etnicidad, ingreso, organización del centro poblado, entre otros.

Resultados y discusión

Localización, población de la zona de estudio y costos de los atajados

La zona de estudio, se halla ubicada en el Municipio de Charagua, geográficamente se encuentra ubicado entre las siguientes coordenadas: Latitud Sur 18°56'07", Longitud Oeste 58°45' y Latitud Sur 20°30'17" y Longitud Oeste 63°20'. La población beneficiada por el estudio de tratamiento de aguas se presenta en la Tabla 1, describiendo un número de 990 en Rancho Nuevo, y de 487 en Rancho Grande. La población de mujeres y hombres es distribuida próxima al 50% (Tabla 1).

Tabla 1.- Población Beneficiada por el tratamiento de aguas en el Distrito de Bajo Isoso

Comunidad	N° de Familias	Hombres	Mujeres	Total
RanchoNuevo	200	440	550	990
RanchoViejo	95	248	239	487
TOTAL	295	688	789	1.477

Fuente: PDM, Municipio de Charagua, Ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

La Tabla 2, presenta a la población distribuida por edades donde la población menor a 45 años constituye la mayoría de la población en 60% respecto del total.

Tabla 2. Población entre grupos por edades en las comunidades de estudio del Municipio de Charagua, Bajo Isoso

Comunidad	0-15		16-30		31-45		46-60		61 y más años		Total
Rancho Nuevo	150	210	85	100	75	95	85	95	45	50	990
Rancho Viejo	118	127	70	73	26	25	19	17	6	6	487

En la Tabla 3 podemos advertir los costos incurridos con el proyecto sobre el cual luego se calculó como una inversión a recuperar o cubrir a través del pago de una tasa para mantenimiento descrito más adelante.

Tabla 3.- Inversión, construcción de atajados y plantas de tratamiento

Item	Costo item	Detalle \$	Bs.
Remodelado y Acondicionamiento	15574.04	Licencia ambiental	7030.2
		Muestras	8543.84
		Construcción atajado Rancho Viejo	89425.56
		Construcción atajado Rancho Nuevo	91513.12
Construcción	194113.80	Construcción Tanque de purificación Rancho viejo	6813.72
		Construcción Tanque de purificación Rancho Nuevo	6361.40
Inversión total Bs			209687.84

Tecnología biológica

La temperatura de las aguas en los estanques presentan una amplia variación entre la época de estiaje (8° a 12°C) y de lluvias 13° a 20°C. Existe una ligera disminución de la temperatura en la salida con respecto a la entrada, que es de aproximadamente de 1°C, esta variación se debe al escaso calentamiento de las aguas por la presencia de una capa considerable de *lemnaceae*, que alcanza alrededor de 2 a 3 cm. de espesor. El pH es básico, con pequeñas variaciones, debido probablemente a las mezclas de las aguas residuales con las aguas frescas en los estanques. Los valores de conductividad obtenidos

en los estanques presentan pequeñas variaciones, los datos encontrados en la entrada con respecto a la salida tienden a disminuir o aumentar ligeramente, debido principalmente a la precipitación de las sales disueltas. Las aguas presentan una turbidez en todos los estanques además de un olor fuerte debido a la elevada carga orgánica, se observa una disminución importante hacia la salida de los estanques, debido principalmente a la sedimentación que sufren los sólidos suspendidos a lo largo y ancho de los estanques. El color verdadero disminuye en los estanques 1 y 2, mientras que en los estanques 3 y 4 sucede lo contrario estas variaciones se deben a la elevada productividad primaria que se da

en los estanques (Figura 3).

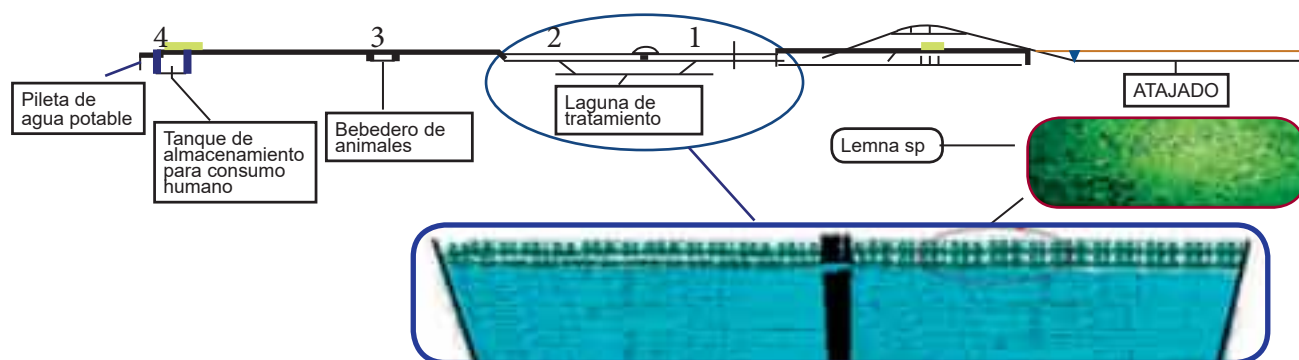


Figura 3. Esquema del sistema de tratamiento, mediante estanques con macrofitas (*Lemna*) y tanque de almacenamiento de agua para la obtención de agua potable agregando hipoclorito de sodio

La remoción de nutrientes es elevada en los estanques 2 y 3, alcanzando desde 92% hasta 93% respectivamente y un poco inferior 79% en el estanque 4 y la más baja remoción es de 64% en el estanque 1. La remoción de fosfatos es buena en el estanque 3 (87%) y 4 (69%), en el estanque 1 el 51% y una remoción muy baja en el estanque 4 (4%). En el canal abierto la concentración de sulfatos es elevada alcanzando 92 mg l⁻¹. En la entrada a los estanques disminuye un poco y en la salida disminuye mucho más.

En el canal abierto la concentración de N_{total} es de 240 mg l⁻¹. En los estanques los valores de N_{total} son inferiores, estos disminuyen significativamente hacia la salida de los estanques. La remoción de N_{total} varía en los cuatro estanques, pero el estanque que presenta una mejor remoción es el 3 (74%), el estanque 2 alcanza a 55%, y una remoción relativamente baja en el 1 (20%) y muy baja en el estanque 4 (5%).

En cuanto a la remoción de la demanda biológica de oxígeno (DBO), en el canal abierto alcanza valores altos de alrededor de 300 mg l⁻¹. La remoción de la DBO en los estanques 2 y 3 alcanzan alrededor del 70% y 73%, respectivamente, en el estanque 1 el 64% y una baja remoción en el estanque 4 (53%).

Las evaluaciones de coliformes totales y coliformes fecales en el tratamiento de aguas residuales mediante

la producción de *lemna* nos demuestra, que en los cuatro estanques existe una disminución de la concentración de bacterias en la entrada respecto a la salida. Esta disminución expresada en porcentaje de remoción indica que el estanque 1 es el más efectivo, presentando una remoción del 83% para coliformes totales y 86% para coliformes fecales.

El desarrollo de las *lemnaceae* ha sido muy interesante, puesto que estas plantas en el estanque 1 presentan las mismas características cuando fueron sembradas, es decir, el tamaño de las frondas se mantiene pequeña, mientras que en el resto de los estanques se incrementa, debido posiblemente a las condiciones de cada estanque. El comportamiento de esta planta es frecuentemente así cuando las concentraciones de DBO disminuyen (Gillman com. Per.). El estanque 1 presenta una uniformidad en cuanto al tamaño de las frondas como al tamaño de las raíces con ligeras variaciones durante el período de estudio. El estanque 2 presenta un máximo de 7.9 cm en el crecimiento de las raíces al igual que en el estanque 3, que es del orden de 10.9 cm, bajando las dimensiones en época seca, debido posiblemente a las temperaturas bajas en los estanques. Se realizaron varias cosechas cada 7 días durante el tiempo que duró el experimento, esto ha permitido la buena remoción de nutrientes en los estanques.

Valoración económica del recurso agua limpia en los atajados

De acuerdo a los resultados obtenidos, no hay diferencia estadística en la disposición a pagar (DAP) por agua potable entre las poblaciones indígenas. El método de evaluación contingente (MVC) es una técnica analítica basada en la aplicación de una

encuesta a los agentes involucrados en el uso directo o indirecto, o participación en algún beneficio o perjuicio de un activo ambiental. En la encuesta se establecen situaciones hipotéticas o experimentales que permiten asignar un valor monetario a los bienes y servicios que no tienen un valor en el mercado (Schmis, 1989). En la Tabla 4 podemos advertir los costos de mantenimiento de la planta.

Tabla 4. Costo de mantenimiento de la planta por comunidad en Bolivianos (Bs)

Mantenimiento y limpieza	Sueldo y salario encargado/mes	Gasto mensual de materiales de limpieza incluyendo el cloro	Costo de mantenimiento mensual
Planta Rancho Nuevo	1800.00	500.00	2300.00
Planta Rancho Viejo	1000.00	400	1400.00
Costo total			3700.00

Los sesgos identificados a través de los resultados sistematizados por la encuesta y la aplicación de la MVC fueron los siguientes: Sesgo de complacencia se refiere a que el entrevistado por querer complacer al entrevistador, contesta sin tomar en cuenta su criterio propio, para reducir esto se seleccionó entrevistadores profesionales que no afecten las respuestas del entrevistado. El sesgo del punto de inicio fue ya discutido en el formato de subasta. El sesgo relacional ocurre cuando el recurso a ser valorado es relacionado por el entrevistado con otro recurso. Sesgo de posición e importancia ocurre donde se mencionan varios atributos a valorar y la gente piensa que por estar de primero o mayormente mencionado es muy importante. Asimismo, porque cree que se le pregunta un valor extra, este debe ser debido a que si existe este valor, lo que se valora es muy importante.

La mala interpretación del escenario, ocurrió cuando el entrevistado no entendió la situación dada presentada por el entrevistador. Para reducir este resultado se tuvo

que diseñar cuidadosamente, las pruebas pilotos y de convergencia hasta estar seguros de que se comprende por las familias indígenas encuestadas lo presentado.

El desarrollo de la actividad pecuaria en general se caracteriza por el uso irracional del monte mediante el ramoneo y la trashumancia, en la cría de bovinos, caprinos y ovinos. En casos especiales, algunas comunidades con proyectos ganaderos han realizado actividades orientadas al enriquecimiento del monte, construyendo divisiones e implantando sistemas de silvopasturas.

También mediante el método Costo Beneficio se calculó el precio mínimo al que deberá venderse el agua, analizando la inversión y el costo de mantenimiento de la planta de tratamiento, obteniendo como resultado un valor mensual mínimo por familia de Bs m⁻³. En la tabla 5 vemos los montos de recaudación para mantenimiento de la planta (Tabla 5).

Tabla 5.- Recaudación en Bolivianos (Bs) para mantenimiento de la planta de tratamiento de agua en las comunidades estudiadas

Comunidad	Rancho grande	Rancho viejo
Agua requerida de la Comunidad en ml.	18000.00	9000.00
Capacidad atajado ml.	18286.50	18286.50
Ingreso por persona	340.00	253.00
ingreso promedio mes por familia	1700.00	1265.00
ingreso de la comunidad por mes	68000	24035.00
número de familias	200	95
consumo agua por persona	1.5	1.5
consumo agua por familia	7.5	7.5
Costo del agua	226.67	168.67
Método B/C m3 Agua (Bs)	2.00	2.00
Promedio Pago Tasa mensual por familia	15	15
Monto mensual recaudado por la comunidad para mantenimiento de la planta	3000	1425

Conclusiones

La implementación de la planta biológica de tratamiento de aguas residuales mediante plantas acuáticas flotantes, nos ha permitido conocer el funcionamiento y la eficiencia de la remoción de nutrientes, Demanda biológica de oxígeno y bacterias, obteniendo una nueva alternativa de tratamiento de aguas residuales, además del uso de las plantas acuáticas como alimento complementario para los animales, por las características bioquímicas de que se asemejan bastante a la soya en su contenido de proteínas, hasta llegar a la fase de desinfección mediante hipoclorito de sodio, obteniendo agua potable, situación que permitió mejorar la calidad de vida de la población local.

En cuanto a la valoración económica, cuando se inició el proceso de llenado de encuestas con las poblaciones beneficiadas se percibió emoción al recibir agua potable y tuvo una valoración extrema de hasta \$US 100 a \$US 150 pagar el litro por mes por familia, importe que para muchas familias representaba un salario por mes; pero llegando a realizar ajustes sobre los sesgos de opinión y considerando los niveles bajos de ingreso de muchas familias debido a la escasez de agua, se diseñó una tasa de Bs 15 ó \$US 2 de pago mensual por familia, destinado a la limpieza y mantenimiento de la

planta de tratamiento representando una tasa simbólica de valoración del recurso agua en la Región del Chaco Boliviano, en relación al beneficio de mejora de la calidad de vida que se proporcionó a los comunarios.

El aspecto socio-cultural de estas tierras comunitarias de origen (TCO) presentan muchas particularidades cuando se enfrenta a una problemática común y riesgosa para su salud. La población de ambas comunidades se encuentran regidas por sus líderes políticos y sus bases, las que no podían tomar decisiones en la implementación de la planta y obtención de agua potable, a mucha lucha de las Jefas de Hogar se impuso su necesidad por evitar la muerte de sus hijos y el peligro que representaba no acceder a aguas tratadas. El acceso a los recursos en el espacio territorial del distrito del Isoso tiene dos particularidades: acceso a nivel familiar y a nivel comunal, dependiendo de la organización productiva y actividad a realizar en cada comunidad; mayormente el acceso a los recursos con fines agrícolas es familiar; pero existen algunas otras actividades o proyectos desarrollados bajo propiedad comunal. El acceso a los recursos por los comunarios es irrestricto, todos tienen el mismo derecho de acceder a ellos, más aun si el aprovechamiento es con fines de uso doméstico.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico y técnico de la Fundación de Integración Ecológica Sustentable y Sostenible (FINESS), a los comunarios y demás población de las Comunidades Rancho Nuevo y Rancho Viejo por su amplia participación, sin su apoyo brindado, no se habría podido obtener los resultados alcanzados.

Referencias

- Apha, Awwa & Wpcf. (1989): Standard Methods for the examination of water and wastewater, Joint. Ed. Board. Washington.
- Arze, C., 1987: Estudio de Schoenoplectustatora para la descontaminación de aguas, La Paz Bolivia, 148 p.
- Barboza, a. & Flores, D., (1994). Manual de Operación de la Zona de Agro saneamiento para el Tratamiento de las Aguas Servidas mediante el cultivo de Lemnaceae, Prism Perú, 97 p.
- Culey, d., Rejmankova, e., Kvet, j. & Frie, j.b., (1981). Production chemical quality and use of duckweeds (Lemnaceae) in aquaculture, Waste management and animal feeds, J World Maricul. Soc., 12(2), pp 27-49.
- Haustein, a.t., 1985: Estudio de la Lenteja de agua, Lemnasp en aguas servidas, Revista Lima Perú.
- Landolt, E., Kandeler, r. 1987: The family of Lemnaceae a monographic study, Veroffentlchungen Des Geobotanischen Institutes der E.T.H. Stiftung Rubel, in Zurich 71 Heft, 2pp 565.
- Palacios & Laguna, 1991: Estudios de la biomasa y análisis bromatológico de la lenteja de agua (Lemnasp) en la Bahía de Puno. Tesis de Licenciatura. Puno - Perú 67 p.
- Zurita, G. 1992: Eficiencia de la Remoción Bacteriológica en las Lagunas de Estabilización el Kenko La Paz. Tesina de Grado, Biología, Universidad Mayor de San Andrés. 51 p.
- Aguilera, F. y V. Alcántara (1994) De la Economía ambiental a la Economía. Ecológica. Fuhemm. Barcelona.
- Azqueta, D. (1994) Valoración Económica de la Calidad Ambiental. McGrawHill. Madrid.
- Anderson, D. (1992) Economic Growth and the Environment. Policy Research Working Papers Series 979 September. World Bank.
- Arrow, K. Et al (1993) Natural Resource Damage Assesment under the Oil Pollution Act of 1990. EE.UU. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Braden J. y Ch. Kolstad (1991) Measuring the Demand for the Environmental Quality. North-Holland Publishing Company. New York.
- Cepal (1991) Evaluaciones del Impacto Ambiental en América Latina. CEPAL Santiago de Chile.
- Constanza, R. (1991) Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability. Columbia University Press. New York.
- Dasgupta, P. y G. Heal (1979) Economic Theory and Exhaustible Resources. Cambridge University Press. Oxford.
- Dixon, J. et al (1986) Economic Valuation Techniques for the Environment. A Case Study Workbook. The Johns Hopkins Press, Baltimore y London.
- Haneman, Michael. (1994). Valuing the Environment Through Contingent Valuation. Journal of Economic Perspectives. Vol. 8 N° 4, 1994.
- Hardner J. (1999). Measuring the value of potable water in partially monetized rural economics. Water Resources Bulletin. Vol 32. N° 6.
- Johansson, P. y K. Lofgren (1986) The Economics of Forestry and Natural Resources. Basil Blackwell. New York.

Avances en mejoramiento genético participativo del arroz para enfrentar los desafíos del cambio climático en Bolivia

Advances in participatory genetic improvement of rice to meet the challenges of climate change in Bolivia

René Guzmán¹; Alfonso Vedia¹ y Eun Hee² y Michel Vales^{3*}

¹ INIAF, Programa Nacional de Arroz

² Voluntaria de KOICA,

³ CIRAD, UMR BGPI, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia

CIRAD, UMR BGPI, F-34398 Montpellier, France

* Email para correspondencia: michel.vales@yahoo.fr

Resumen

La implementación de un esquema completo de mejoramiento genético totalmente participativo para los diversos tipos de arroces, ha permitido la obtención de nuevas variedades ya desde el corto plazo. Para el mediano y largo plazo, se tiene material promisorio en varias etapas del proceso de mejoramiento. Los cambios y desafíos agroecológicos y socio-económicos obligan a ajustes permanentes de los objetivos del mejoramiento genético en arroz. Con las poblaciones recurrentes de base genética estrecha y con la transferencia de biotecnología en Bolivia, se refuerza la autonomía y por lo tanto la soberanía científica y técnica del país.

Palabras clave: *Oryza sativa*, selección recurrente, diversificación varietal, mejoramiento genético, innovación

Abstract

The implementation of a whole scheme of full-participatory genetic improvement for diverse rice types has allowed the obtaining of new varieties already for the short term. For the medium and long term, promissory material is available in several steps of the improvement process. The agro-ecologic and socio-economic changes and challenges force to permanent adjustments of the aims of the rice genetic improvement. With the narrow-based recurrent populations and with the transfer in Bolivia of biotechnology, the autonomy

is reinforced and therefore the scientific and technical sovereignty of the country.

Keywords: *Oryza sativa*, recurrent selection, varietal diversification, genetic improvement, innovation

Introducción

Importancia socio-económica del arroz

El cultivo de arroz es el alimento básico de la dieta alimentaria de los bolivianos con un consumo *per cápita* de 36 kg y se cultiva en una superficie de alrededor de 174000 ha donde el 93% del área cultivada es en condiciones de secano con un rendimiento promedio nacional de 2.2 t ha⁻¹ siendo uno de los más bajos de América Latina, 45 mil familias se dedican a la producción de arroz, de los cuales son pequeños y medianos productores. Bolivia al 2025 tiene una proyección de incrementar el volumen total de la producción agrícola, donde por lo menos la mitad de la producción corresponderá al aporte de los pequeños y medianos productores con sistemas productivos más eficientes con altos rendimientos agropecuarios incorporando el enfoque de los sistemas de seguridad alimentaria con soberanía.

Programa Nacional de Arroz en

Investigación del INIAF

Este Programa es nuevo por tener su Plan de Implementación (PIP) definido en 2014 (Vales y Guzmán, 2014). Su enfoque es la investigación

aplicada, es decir la obtención de resultados científicos y metodológicos útiles para la producción de innovaciones que esperan los beneficiarios de la cadena productiva del arroz: productores, semilleristas, agroindustriales, comerciantes, y consumidores. Este Programa debe ofrecer dichas innovaciones ya para el corto plazo, por ejemplo variedades de diferentes tipos pedidos por los productores. Este programa debe también iniciar actividades que resultarán al mediano y al largo plazo para reforzar la soberanía científica y técnica del país.

Desafíos

Además de responder a los pedidos comunes de los beneficiarios de la cadena productiva del arroz, la investigación debe enfrentar desafíos nuevos. Los efectos del cambio climático impactan el cultivo con inundaciones o sequías cada vez más extremas y frecuentes – declaración de desastre natural (agosto 18 del 2016) y declaración de emergencia nacional (noviembre 21 del 2016) –, que agravan la presencia de enfermedades comunes – como la *Pyricularia* (*Magnaporthe oryzae*) – y estimulan la aparición de nuevas enfermedades – como la bacteriosis del arroz (*Burkholderia glumae*) favorecida por noches calientes y húmedas (CTI, 2016), lo que ha provocado una declaración de emergencia fitosanitaria (julio 19 del 2016).

La repuesta genética, es decir, con variedades adaptadas a estos nuevos ambientes, es la solución más económica, la más respetuosa del medio ambiente y además valoriza las capacidades del INIAF en investigación participativa.

Este documento propone exponer los avances para cada una de las fases de mejoramiento genético participativo y eficiente del arroz para afrontar los desafíos del cambio climático en Bolivia.

Material y métodos

Definición participativa de los objetivos de mejoramiento genético

Para que la investigación sea participativa, la primera etapa, la única realmente indispensable, es la concertación con los varios actores de la cadena productiva de arroz. El método es la construcción del

árbol de problemas y de soluciones durante reuniones en Espacios Locales de Concertación (ELC), de Consejos Departamentales de Innovación (CDI) y del Consejo Plurinacional de Innovación (CPI) que forman el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF) (INIAF, 2015).

Constitución de una base de recursos genéticos

A partir de esta definición de los objetivos se puede buscar y obtener los progenitores potenciales correspondientes. La información para tener la identidad de estos progenitores viene de la bibliografía y de la experiencia de expertos internacionales y nacionales. Después se solicitan estos recursos genéticos a Instituciones Internacionales que tienen colecciones amplias.

Rescate de variedades tradicionales

Como parte de estos recursos genéticos valiosos se tienen las variedades tradicionales de buena adaptación a las condiciones locales, las cuales están en peligro de desaparición en frente a la homogeneización del cultivo con pocas variedades modernas. Se rescatan estas variedades tradicionales, conocidas solamente por los productores, en particular en zonas de cultivo manual del arroz de secano donde hay menos presión de los cultivares modernos. Se purifican, se evalúan de forma participativa y se multiplican estas variedades tradicionales para que su difusión sea posible a corto plazo (2-4 años).

Mejoramiento poblacional y creación de variedades participativos

La estrategia de mejoramiento genético participativo y eficiente se funda sobre el uso de poblaciones recurrentes de base genética estrecha (Vales *et al.*, 1998, Vales *et al.*, 2000). Para obtener nuevas variedades a mediano plazo (5-8 años) se utilizan poblaciones recurrentes introducidas (Tabla 1). De forma participativa, se realiza el mejoramiento de dichas poblaciones y la creación de variedades a partir de líneas extraídas a cada ciclo de selección recurrente (Figura 1). Después de cada ciclo de mejoramiento, se seleccionan plantas macho-esteriles S1 para un posterior manejo de segregantes y ensayos de rendimiento en las diferentes fases de selección para la creación de nuevas variedades de arroz.

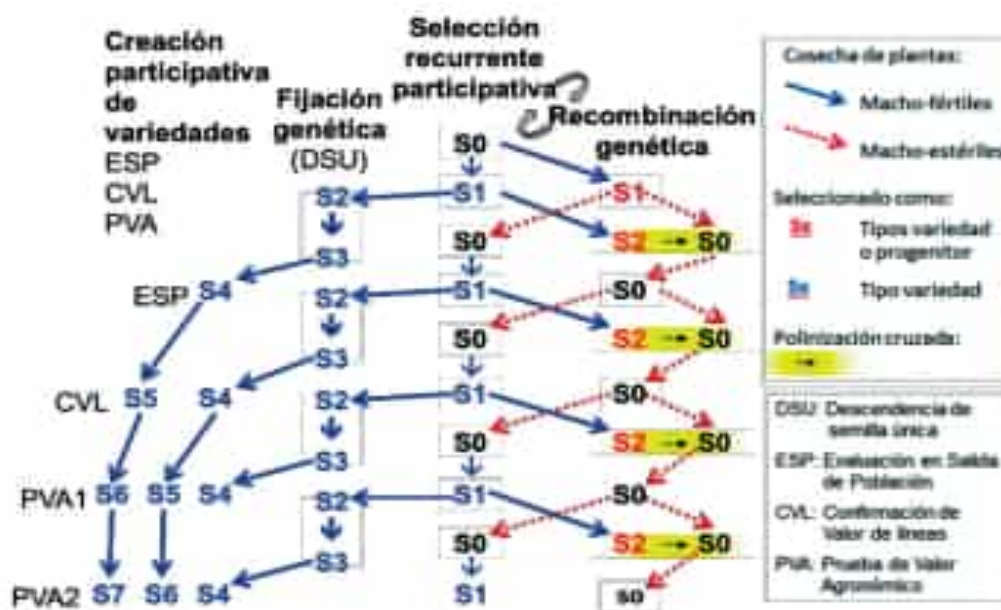


Figura 1. Esquema general de mejoramiento poblacional y de creación participativa de variedades.

Creación de poblaciones recurrentes de base genética estrecha

Para obtener nuevas variedades, aún más adaptadas a las condiciones de las zonas de producción del Estado Plurinacional de Bolivia a largo plazo (9-12 años), se crean poblaciones recurrentes de base genética estrecha nuevas. Para cada población se eligen cuatro progenitores, cada uno es el mejor para un carácter de mayor importancia. Se introduce un gen recesivo de macho-esterilidad (ms) (Fujimaki, 1979) en la

población con 4 cruzamientos de tipo (ms, ms) P_i^{-1} donde (ms, ms) es una planta macho- estéril y P un progenitor (con i de 1 hasta 4) (Vales, 2009). Esperando que las plantas (ms, ms) sean de citoplasmas diferentes y vengan de una población que aporta parte de sus calidades, se realizan tres ciclos de multiplicación. En el segundo y tercer ciclo aparecen plantas ms y con la cosecha únicamente de ellas se realizan las dos recombinaciones genéticas necesarias entre los cuatro progenitores.

Pre-mejoramiento

Las poblaciones de base genética estrecha permiten el uso razonable y económico de la selección recurrente asistida por marcadores moleculares (acrónimo en inglés MARS). Con dichos marcadores se fijan poblaciones recurrentes para un carácter antes de empezar el mejoramiento genético participativo para los otros caracteres. Por lo tanto, la MARS retrasa la obtención de nuevas variedades al largo plazo (13-15 años) pero es de mucho interés u obligatoria

para caracteres de difícil (complicada y/o costosa) o imposible evaluación en campo de agricultores (virus de la hoja blanca). Se empieza la MARS con meta-QTLs de resistencia parcial a la *Pyricularia* (Balini *et al.*, 2008) y la población SPACIR 16 (acrónimo inglés para *Source of Polymorphism Aceituno-Cirad Rice*) (Tabla 1). Esta investigación metodológica, realizada en colaboración con el equipo de la Dra. R. Mello del EMBRAPA- Arroz, está apoyada por la iniciativa internacional MKTPlace¹.

Tabla 1. Constitución de la población recurrente de base genética estrecha SPACIR 16

Progenitores de la población	Participación genética	Participación de su citoplasma
SPACIR 13 (fuente de ms)	25.00%	si
Oryzica Yacu 9	18.75%	si
FEDEARROZ 50	18.75%	si
IRAT 13	18.75%	si
Oryzica Llanos 5	18.75%	si

Resultados y discusión

Definición participativa de los objetivos de mejoramiento genético

Se realizaron reuniones en cuatro ELC representativos con agricultores, con los CDI de los departamentos arroceros de Santa Cruz, Beni y La Paz y con el CPI. De esta concertación salió como problemas prioritarios que se pueden resolver con el mejoramiento genético como la Pyricularia (Figura 2), la falta de variedades

de secano con calidad de grano, para inundación de agua profunda (Beni) y variedades de grano tipo medio. Más recientemente, la agravación de la sequía y la epidemia desastrosa causada por la bacteriosis del arroz (*Burkholderia glumae*) (Comité Técnico Interinstitucional, 2016) condujeron a un ajuste de las prioridades. Todo esto ha permitido definir de forma participativa los objetivos de mejoramiento genético.

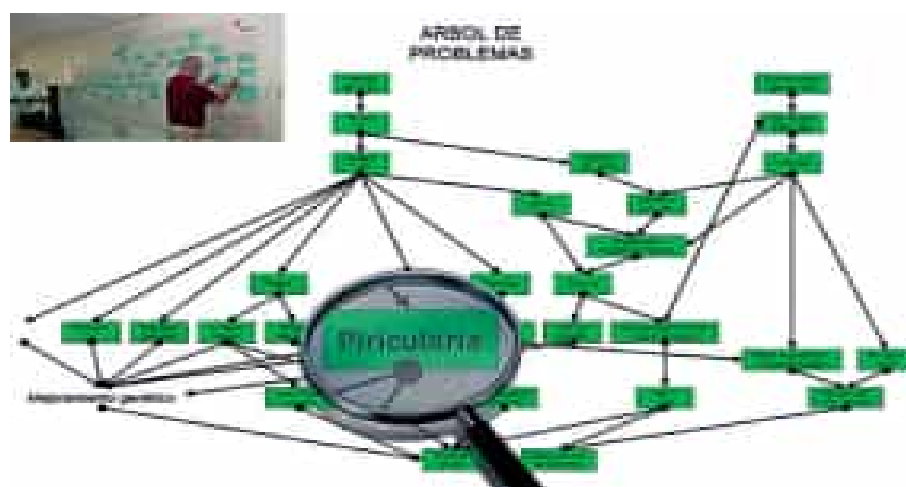


Figura 2. Concertaciones para la identificación participativa de los problemas en el cultivo de arroz y potenciales vías para lograr soluciones en conjunto.

¹ Iniciativa internacional para desarrollar proyectos cooperativos de investigación para el desarrollo.

Constitución de una base de recursos genéticos

Con base a los objetivos del mejoramiento genético se han introducido variedades como progenitores potenciales:

134 del IRRI¹, 130 del CIRAD² y 10 del RDA³. En el Tabla 2 se da algunos ejemplos de sus características de interés.

Tabla 2. Ejemplos de progenitores para algunos caracteres de interés agronómico

Carácter de interés agronómico	Progenitores	Ref.
Factores abióticos		
Tolerancia a la sequía	IRAT 13, IRAT 112	Forestier, 1979
Tolerancia a la sumersión	FR13A	Mohanty <i>et al.</i> , 1982
Tolerancia a la salinidad	Yamini	Gautam <i>et al.</i> , 2009
Tolerancia al frío	Jumli Marshi, Chhomrong Dan	Vales <i>et al.</i> , 1996
Tolerancia a la falta de brillo solar	Chino Grande, Brillalola	Vales <i>et al.</i> , 2003
Factores bióticos		
Resistencia parcial a la Pyricularia	IRAT 13, Oryzica Llanos 5	
Resistencia parcial a Burkholderia glumae	Azucena, Jupiter	Nandakumar <i>et al.</i> , 2007
Resistencia a Bakanae (<i>Gibberella fujikuroi</i>)	IR 6, IR 8, Strain 1, Norin 20	Singh <i>et al.</i> , 2012
Resistencia al virus de la Hoja Blanca	FEDEARROZ 2000	Romero, 2012
Resistencia al virus del Entorchamiento	Makalioka	Morales, 2001
Tolerancia a sogata (<i>Tagasodes orizicolus</i>)	Makalioka	Vélásquez <i>et al.</i> , 2014
Componentes de rendimiento		
Precocidad	PRA 659	
Senescencia retrasada	IRAT 13	
Alta producción	Dianyu n°1	
Alto macollamiento	Dianyu n°1	
Panoja cargada	Gotak Galik, Sava	
Panoja larga	Oryzica Llanos 5, Briallola	
Panoja con alta densidad de grano	Amaro, Bado Baye	
Cuello grueso	Pato de Gallinazo	
Resistencia al desgrane	Shin Ei, IRAT 216	
Hoja ancha	Choul	
Calidades del grano		
Grano largo, fino y cristalino	Basmati 320	
Grano “popular”	Italica Livorno	
Grano aromático	Aichade, Basmati	
Alto contenido del grano en Fe y Zn	Azucena, IRAT 357	Patil <i>et al.</i> , 2015

1 International Rice Research Institute

2 Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement

3 Rural Development Administration

Rescate de variedades tradicionales

En el norte del departamento de La Paz, en el departamento del Beni, Santa Cruz, Cochabamba y Pando los pequeños productores del sistema manual por muchos años han conservado las variedades tradicionales, perdiendo la pureza genética de los mismos, semillas de estas variedades han sido entregadas por los productores: de La Paz (Estaquilla Colorada, Cateto, Cubano, Carolina, Estaquilla, Mentiroso y Noventón) del Beni (Cabo Negro, Carolina, Negro, Estaquilla Blanca y Cateto) de Santa Cruz (Estaquilla, Corandéño, Bluebonnet y

Dorado Colorado) de Cochabamba (Bluebonnet), de Pando (Piedrita, Negro, Plumilla Blanca y Plumilla Colorada). Las variedades se han fijado con dos ciclos e incrementado la cantidad de semilla disponible. Después de ensayos participativos de evaluación de estas variedades fue elegida por los productores la variedad Estaquilla especialmente por la calidad de grano (Tabla 3) (Guzmán *et al.*, 2017), esta variedad tradicional es de porte intermedio, tolerante a enfermedades fungosas, adaptada a las condiciones de secano para el sistema manual, con buena la calidad de grano.



Figura 3. Estaquilla, variedad tradicional rescatada.

- Tolerante a la sequía
- Ciclo intermedio, con 120 días a cosecha
- Porte intermedio 140 cm de altura
- Tolerante a enfermedades
- Buena productividad
- Grano de tipo largo fino de buena calidad
- Rendimiento en molinería mayor a 60 %

Mejoramiento poblacional y creación de variedades

Después de cinco años de investigación participativa realizada en diferentes zonas de producción del Estado Plurinacional de Bolivia (Yapacaní, Santa Rosa del Sara, San Juan, Guarayos, Puente Pablo, San Javier y San Buenaventura) se han obtenido las variedades INIAF-Chasqui (Tabla 4) e INIAF-Taita (Tabla

– para el cultivo de arroz de secano por su tolerancia a estrés por sequía y la variedad INIAF-Taita alternativa para secano favorecido o inundado.

A partir de las poblaciones recurrentes SPACIR 6 y SPACIR 16 se han obtenido ocho líneas promisorias que deben confirmar su interés en ensayos de evaluación participativa.

5). La variedad INIAF-Chasqui permite ofrecer otra opción – alternativa a Jasaye = IRAT 170 (IRAT, 1984)



Figura 4. INIAF-Chasqui, nueva variedad de arroz de secano.

- Buen vigor inicial de la planta
- Tolerante a la sequía
- Ciclo intermedio, con 126 días a cosecha
- Porte bajo, 99 cm de altura
- Tolerante a enfermedades (*Pyricularia*, *Hel- mintosporium*, *Escaldado de la hoja* y *Manchado de grano*)
- Buen potencial de rendimiento
- Grano de tipo largo fino de buena calidad
- Rendimiento en molinería mayor a 60 %
- Peso de 1000 granos 27 g - 29 g
- Dormancia corta de las semillas que permite dos siembras al año



Figura 5. INIAF-Taita, variedad de arroz de secano favorecido o inundado.

- Buen vigor inicial de la planta
- Buena capacidad de macollamiento
- Ciclo vegetativo, 135 días a cosecha
- Porte bajo, 94 cm de altura
- Tolerante a enfermedades (*Pyricularia*, *Helmin- tosporium*, y *Escaldado de la hoja*)
- Buen potencial de rendimiento
- Grano tipo extra largo de buena calidad
- Rendimiento en molinería mayor a 55 %
- Peso de 1000 granos 28.5 g – 33.0 g
- Dormancia corta de las semillas

Creación de poblaciones recurrentes de base genética estrecha

El Tabla 7 indica las primeras poblaciones recurrentes de base genética estrecha creadas en Bolivia para Bolivia, PACI (acrónimo de Población de Arroz Cirad Iniaf). La fuente del gen recesivo de macho

esterilidad utilizada para crear las PACI son plantas de la población SPACIR6 (Tabla 6). Se puede mejorar, de forma independiente, cada población para una o varias condiciones agro-ecológicas y socio-económicas. Por lo tanto, la calificación de cada población en la Tabla indica, no más que una atención particular, no un objetivo general de mejoramiento.

Tabla 6. Composición de la población SPACIR 6

SPACIR 6 Población de arroz templado	Progenitores
Tolerancia al frío (variedad de riego)	Jumli Marshi
Tolerancia al frío (variedad de secano)	CIRAD 446
Precocidad	PRA 659
Grano extra-largo y fino	Fidji
Resistencia a la <i>Pyricularia</i> (variedad japónica)	Idra
Resistencia a la <i>Pyricularia</i> (variedad japónica)	Drago
Resistencia a la <i>Pyricularia</i> (variedad indica)	Artiglio

Tabla 7. Primeras poblaciones de base genética estrecha creadas en Bolivia.

PACI 1 Población clásica	Progenitores
Precocidad	Joginie Scented
Aroma	Joginie Scented
Panoja con alta densidad de grano	Amaro
Arquitectura de la planta	Amaro
Resistencia parcial durable a la <i>Pyricularia</i>	Oryzica Llanos 5
Panoja larga (32.5 cm)	Oryzica Llanos 5
Grano extra-largo y fino (no glutinoso)	Long Grain
Cuello grueso	Long Grain

PACI 2 Población para zonas marginales	Progenitores
Tolerancia a la sequía	63-83
Resistencia parcial durable a la <i>Pyricularia</i>	63-83
Tolerancia a la salinidad	Yamini
Grano extra-largo y fino	Yamini
Tolerancia a la sombra	Briallola 6-2
Panoja larga (31 cm)	Briallola 6-2
Tolerancia al frío	Raksali

PACI 3 Población nuevo tipo de planta	Progenitores
Precocidad	Early Basmati Grano extra-largo y fino
Early Basmati Muy bajo macollamiento	Kalin
Panoja con alta densidad de grano	Amaro
Tallo y cuello gruesos	Pato de Gallinazo
Panoja larga (32 cm)	Pato de Gallinazo
PACI 4 Población para problemas bióticos	Progenitores
Resistencia parcial durable a la <i>Pyricularia</i>	IRAT 13
Resistencia parcial durable a la <i>Pyricularia</i>	Oryzica Llanos 5
Resistencia parcial a <i>Burkholderia glumae</i>	Nippon Bare
Resistencia al virus de la Hoja blanca	FEDEARROZ 2000
PACI 5 Población componentes del rendimiento	Progenitores
Panoja larga (32.5 cm)	Oryzica Llanos 5
Resistencia parcial durable a la <i>Pyricularia</i>	Oryzica Llanos 5
Panoja con alta densidad de grano	Bado Baye
Panoja con alta densidad de grano	Amaro
Arquitectura de la planta	Amaro
Cuello grueso	Long Grain
Grano extra-largo y fino (no glutinoso)	Long Grain
Grano súper-popular (extra-ancho y extra-largo)	Leb Chang

Pre-mejoramiento

De la población recurrente SPACIR 16 se realizó el genotipaje en plantas S1 en el laboratorio del EMBRAPA donde se identificaron 26 líneas con uno o dos QTLs de resistencia parcial a la *Pyricularia*, con estas líneas se conformó una población para su recombinación y fijar los QTLs.

Aunque se conocía el riesgo de *Burkholderia glumae* (Pava, 2013), no se tenían resultados previos para enfrentar la desastrosa epidemia de la pudrición bacteriana de la panoja del arroz, por lo tanto, se debe ya trabajar para afrontar nuevos riesgos como: virus de la Hoja Blanca, virus del Entorchamiento, bakanae (*Gibberella fujikuroi*), etc. Como se tratan de enfermedades que no están presentes en Bolivia, la evaluación en campo es imposible y la MARS es el método adecuado. El primer paso es introducir los progenitores fuentes de las resistencias correspondientes (Factores bióticos de la Tabla 2).

Conclusiones

La implementación de un esquema completo de mejoramiento completamente participativo para los varios tipos de arroz ha permitido la obtención de variedades ya desde el corto plazo. Para el mediano y largo plazo se tiene material promisorio en varias etapas del proceso de mejoramiento. Los cambios y desafíos agroecológicos y socio-económicos obligan a ajustes permanentes de los objetivos del mejoramiento genético en arroz.

Con la innovación de las poblaciones recurrentes de base genética estrecha y con la transferencia de biotecnología en Bolivia, se refuerza la autonomía, por lo tanto la soberanía científica y técnica del país. Bolivia debe definir los objetivos de su investigación y elegir los métodos adecuados para lograrlos, pudiendo aprovechar de los recursos fitogenéticos foráneos

como progenitores, capacitaciones y financiamiento en el marco de colaboraciones de interés mutuo.

Referencias

- Ballini E., Morel J.-B., Droc G., Price A., Courtois B., Notteghem J.-L., and Tharreau D. (2008). Genome-Wide Meta-Analysis of Rice Blast Resistance Genes and Quantitative Trait Loci Provides New Insights into Partial and Complete Resistance Molecular Plant-Microbe Interactions, 21 (7): 859-868
- Comité Interinstitucional (2016). Manejo integrado para el control de la bacteriosis del cultivo de arroz – Recomendaciones técnicas. MDRyT, Bolivia: 18 p
- Forestier J. (1979). Inventaire pour une étude de la résistance à la sécheresse du riz pluvial. ORSTOM, Abidjan, Cote d'Ivoire : 42 p
- Fujimaki, H. (1979). Recurrent selection by using genetic male sterility for rice improvement. Jpn. Agric. Res. Q., 13(3): 153-156
- Gautam R.K., Singh R.K., Mishra B., et al. (2009). Basmati CSR 30 (Yamini)-the first salt tolerant basmati variety is a boon to the farmers. Technical Bulletin: CSSRI, Karnal, Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India: 10 p
- Guzmán R., Vedia A., López A., Vales M. y Eun Hee Baek (2017). Avances de investigación para el desarrollo de nuevas variedades de arroz. Simposio Internacional Arroz. Febrero 3 de 2017, San Juan de Yapacani, Santa Cruz, Bolivia: 17 p
- INIAF (2015). Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF) <http://www.iniaf.gob.bo/index.php/es/prensa/notas-de-prensa/514-el-consejo-departamental-de-innovacion-de-qla-paz-inicia-la-construccion-de-la-agenda-de-innovacion-agropecuaria-y-forestal>
- IRAT (1984). Fiches descriptives des variétés de Riz créées par l'IRAT, avril 1984: 166 p http://open-library.cirad.fr/files/4/834_Fiches_descriptives_des_varietes_de_Riz_crees_par_l_IRAT.pdf
- Mohanty H. K., Suprihatno B., Khush G. S., Coffman W. R., and Vergara B. S. (1982). Inheritance of submergence tolerance in deepwater rice. In: Proceedings of the 1981 International Deepwater Rice Workshop. International Rice Research Institute, Philippines, and the Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand. Bangkok, Thailand: 121-133
- Morales F. (2001). El entorchamiento del arroz: un modelo para el manejo integrado de enfermedades virales. Foro Arroceros latinoamericano (1): 12-15
- Nandakumar R., Bollich P.A., Groth D.E and Rush M.C. (2007). Confirmation of the partial resistance of Jupiter rice to bacterial panicle blight caused by *Burkholderia glumae* through reduced disease and yield loss in inoculated field tests. Phytopathology 97(S): 2-83.
- Patil Ashlesha C., Shivakumar N., Rajanna M.P., Vijaykumara Swamy H.V., Ashok T. H., and Shashidhar H. E. (2015). Micronutrient (Zinc and Iron) productivity in rice (*Oryza sativa* L.). Eco. Env. & Cons. 21 (Dec. Suppl.): S338- S346
- Pava E. (2013). Identificación y diagnóstico de bacteriosis en arroz. Simposio Internacional en Arroz. Febrero 22 del 2013, San Juan de Yapacani, Santa Cruz, Bolivia: 21 p
- Romero Giraldo L. E. (2012). Introgresión de QTLs de resistencia al virus de la hoja blanca en materiales elite de arroz en Colombia. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias Coordinación General de Postgrados, Palmira, Colombia: 124 p
- Singh, R. and S. Sunder (2012). Foot rot and bakanae of rice: an overview. Rev. Pl. Pathol. 5:566-604
- Vales M. y Guzmán R. (2014). Plan de Implementación del Programa Nacional de Arroz PIP Arroz. COSUDE. Febrero 2014, Santa Cruz, Bolivia: 55 p.

Vales M., Chatel M.-H., Borrero J., and Ospina Y. (1998). Recurrent Selection using Rice (*Oryza sativa*) Populations with Narrow Genetic Base. 1st International Meeting of Rice - June 9-11, 98 - La Habana, Cuba.

Vales M., Dossmann J., and Borrero J. (2000). Delivery of the first recurrent population with narrow genetic base. Collaborative CIAT-CIRAD sub-project. Enhancement of the genetic resources for the Latin America and the Caribbean. In Annual Report of the IP-4 Rice Project of CIAT. 2000. CIAT, Palmira. http://www.ciat.cgiar.org/riceweb/pdfs/report_2000/output_1.pdf

Vales M. J. (2009). Some innovations in rice recurrent selection: The back recurrent selection (BCRS), the simplified and efficient rice breeding method (SERB), and the plant-parasite reciprocal recurrent selection (2P2RS). Crop Protection: 311-317

Vales M., Razafindrakoto J. (1996). De la précocité népalaise pour le riz d'altitude malgache. Atelier International Point sur la Recherche et le Développement de la Riziculture d'Altitude. FOFIFA-CIRAD. Antananarivo, Antsirabe, Madagascar. 30 mars - 04 avril 1996: 7 p.

Vales M, Borrero J, Caicedo H, Cambindo F, García J. (2003). Recursos genéticos tradicionales e introducidos en la Costa Pacífica Cauca y perspectiva de uso para la seguridad y la soberanía alimentarias. Presentación oral, VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Fitomejoramiento y Producción de Cultivos. Universidad Nacional de Colombia – Bogotá Colombia – 2 al 5 de julio de 2003.

Velásquez R. & Diamont D. (2014). Micromorfología de la epidermis foliar de cultivares de arroz Venezolano (Poaceae) asociado con el daño mecánico de sogata *Tegosodes orizicolus* (Homoptera: Delphacidae) Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 62 (2): 819-827.

Uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en el valle central de Tarija

Use of agricultural gypsum as an amendment in the cultivation of forage maize in the central valley of Tarija

Luis Acosta^{1*}, José Rivera², Félix Marza³, Tito Claure⁴

¹ Responsable Departamental INIAF-Tarija, Avenida Panamericana Km 2.5 Ruta Tomatitas Zona Las Barrancas Tarija, Bolivia² Consultor Independiente Tarija, Bolivia

³ Director Nacional de Investigación INIAF, Calle Batallón Colorados N° 24, Piso 16, La Paz, Bolivia

⁴ Responsable Proyecto Maíz-INIAF Yacuiba-Bolivia

* Email para correspondencia: luistarija@gmail.com

Resumen

En la gestión agrícola 2013/2014, se realizó un experimento en las localidades de Chocloca y Charaja, municipio de Uriondo del Departamento de Tarija, con altitudes de 1700 a 1750 m.s.n.m., con el objetivo de evaluar el uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero y determinar su incidencia en la producción de biomasa foliar y rendimiento en grano. Para tal efecto se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con 2 variedades de maíz (Compuesto 20 y Erquis 2); 4 tratamientos: T1) 0-0-0 Testigo, sin yeso agrícola, T2) 41-46-00 sin yeso agrícola, T3) 41-46-00 con yeso agrícola y T4) 00-00-00 con yeso agrícola a razón de 2000 kg ha⁻¹; y 3 repeticiones. Los resultados del análisis de varianza combinado entre las 2 localidades, muestran diferencias significativas al 5 % para rendimiento de la masa foliar, rendimiento en grano, beneficio neto y Tasa de Retorno Marginal favorable para el nivel 41-46-00 + yeso agrícola. En las variables rendimiento de masa foliar y rendimiento en grano, los mejores tratamientos fueron 41-46-00 + yeso agrícola y 41-46-00 Testigo con 41431 kg ha⁻¹ y 38341 kg ha⁻¹ de masa foliar, y 4907 kg ha⁻¹ y 4370 kg ha⁻¹ de rendimiento en grano, respectivamente. Tomando en cuenta la preferencia de los productores de maíz forrajero, los resultados estadísticos y el análisis económico, se recomienda el uso de yeso agrícola con el nivel 41-46-00 de N-P-K, especialmente por su alto rendimiento en masa foliar y alto rendimiento en grano.

Palabras claves: Análisis económico, rendimiento de grano, biomasa de forraje, varianza.

Abstract

Two year experiment was carried out (2013/2014), with the objective to determine the influence of SO₄Ca in the forage biomass and in the grain yield in corn. The experiment was located in Agricultural Research Center of Chocloca and Agricultural Production Center of Charaja in Tarija, Bolivia (21° 14' 18.89" S and 64° 50' 37.81" W). Thus, a randomized block was designed with four treatments and three replicates as follow: T1) 0-0-0 without SO₄Ca supply, T2) 41-46-00 and without SO₄Ca supply, T3) 41-46-00 with SO₄Ca supply and T4) 00-00-00 with SO₄Ca application. For this experiment, two varieties of corn were used (Var. Compuesto 20 and Var. Erquis 2). The results showed differences among treatments (Tuckey P<0.05). Thus the best biomass production yield was for treatment, T3) 41-46-00 with SO₄Ca use and T2) 41-46-00 and without SO₄Ca use that registered 41431 kg ha⁻¹ and 38341 kg ha⁻¹ respectively. Also those treatments yielded 4907 kg ha⁻¹ and 4370 kg ha⁻¹ in grain production for. T3) 41-46-00 with SO₄Ca supply and T2) 41-46-00 and without SO₄Ca supply, respectively. We concluded that management of corn cultivation with the application of SO₄Ca and fertilizer of 41-46-00 it can improve the yield for forage and grain of corn.

Key words: Economic analysis, grain yield, forage biomass, variance.

Introducción

Uno de los principales problemas en la merma de la producción de maíz en zonas productoras del Valle Central de Tarija son la baja precipitación, la erosión de los suelos y el desbalance nutricional, en los suelos lo que provocó, que los rendimientos de maíz, principalmente los forrajeros, disminuyan considerablemente. Una de las alternativas para paliar esta situación es el uso del yeso agrícola como enmienda, fertilizante y mejorador del sistema radicular. El yeso ha sido beneficioso para la mayoría de los cultivos anuales, destacándose principalmente en los cultivos de maíz, trigo y soya. Así, Barrow (2012) indica que en la Argentina, el uso del yeso agrícola, comenzó a expandirse en la provincia de Córdoba y centro y sur de Santa Fe usando como fuente de azufre y calcio en cultivos como trigo, soja, maíz y pasturas. La adopción de esta tecnología innovadora continuó, pasando al norte de Buenos Aires y año tras año se amplía su zona de uso con excelentes resultados. Este fertilizante natural, a base de sulfato de calcio, puede adoptarse de dos maneras clásicas: como fertilizante, por un lado, y como corrector de suelos por otro. Así Gordon *et al.* (2013) señala que las ventajas de aplicar este producto sobre los suelos desempeñan un rol importante, a saber: en la mejora, acondicionamiento y fertilización. La aplicación generosa de yeso, al suelo es un buen procedimiento para mejorar la permeabilidad y permitirá que los fertilizantes aplicados en la superficie penetren más fácilmente a consecuencia del yeso. Así, Dao *et al.* (2001); Kang y Osinama (2011) indican que el uso de yeso impide el endurecimiento del suelo, ayuda a la germinación de las semillas, disminuye la formación de costras en la superficie del suelo, estos autores indican que el uso del yeso ayuda a disminuir la pérdida de nitrógeno hacia la atmósfera y el calcio del yeso ayuda a disminuir la pérdida por volatilización del amoníaco nitrogenado, nitrato de amonio, urea, sulfato de amonio, o cualquiera de los fosfatos de amonio. El calcio puede disminuir la eficacia de pH por la precipitación de carbonatos y también por la formación de un complejo de la sal de calcio con el hidróxido de amonio que impide la pérdida de amoníaco hacia la atmósfera. En realidad el calcio mejora la absorción de nitrógeno por las raíces de las plantas sobre todo cuando las plantas son jóvenes. El yeso ayuda a las plantas a absorber

nutrientes, el calcio, el cual es provisto por el yeso, es esencial para los mecanismos bioquímicos por los cuales la mayoría de los nutrientes de las plantas son absorbidos por las raíces. Consecuentemente debido a los bajos rendimientos en el cultivo de maíz y la falta de agua, se vio la necesidad de implementar un experimento para evaluar el uso del yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en las comunidades de Chocloca y Charaja, del Departamento de Tarija con el objetivo de evaluar la respuesta del cultivo del maíz forrajero al uso de yeso agrícola como enmienda y mejorador del sistema radicular.

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en la gestión agrícola 2013/2014, en el Centro Experimental de Chocloca de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho (UAJMS) y Centro Productivo de Charaja del Servicio Departamental Agrícola (SEDAG) de Tarija, ambas en el municipio de Uriondo son parte del Valle Central tarijeño, con clima templado, precipitaciones que varían de 550 a 650 mm al año y altitudes de 1700 a 1750 m.s.n.m., respectivamente.

Metodología y diseño experimental

Para este trabajo, se realizó la siembra con las variedades de maíz Var Compuesto 20 y la Var Erquis 2 en la comunidad de Chocloca y Charaja, respectivamente, con una densidad de 4 plantas por metro lineal. El yeso agrícola más el fertilizante 18-46-00 se colocó dentro del surco a la siembra y al aporque se aplicó urea para completar la dosis de los tratamientos. Dichos tratamientos fueron establecidos bajo un diseño de Bloques Completos al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos estudiados fueron: T1) 0-0-0 Testigo, sin yeso agrícola sin fertilización, T2) 41-46-00 sin yeso agrícola, T3) 41-46-00 con yeso agrícola y T4) 00-00-00 con yeso agrícola a razón de 2000 kg ha⁻¹. Para determinar diferencias entre medias de tratamientos, se realizó la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad.

El levantamiento de datos para las variables de respuesta se siguió según el protocolo de rutina, como:

análisis del yeso agrícola, análisis del suelo, días a la floración masculina y femenina, altura de planta, inserción de mazorca, número de plantas cosechadas, acame de raíz y tallo, y rendimiento de la masa foliar en kg ha^{-1} . Además se realizó un análisis económico de beneficio costo para determinar el retorno marginal mediante el uso del yeso agrícola en la producción de maíz forrajero.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se presentan los rendimientos de biomasa foliar en el presente experimento, donde se muestran diferencias significativas en los tratamientos y localidades estudiadas ($P < 0.05$) diferenciadas según Tukey. Así por ejemplo en la comunidad de Chocloca para la variedad Compuesto 20, registró un rendimiento de biomasa de 44291 kg ha^{-1} para el tratamiento T3 donde se usó 41-46-00 de NPK más yeso agrícola, es decir, el tratamiento T3 el rendimiento fue superior con más de 17863 kg ha^{-1} de biomasa comparado con el tratamiento T1 testigo. Así mismo en la localidad de Chocloca, el tratamiento T4, donde se usó sólo yeso agrícola sin fertilización, registró diferencias en biomasa foliar con un rendimiento de 30000 kg ha^{-1} comparado con el testigo que sólo registró 26428 kg

ha^{-1} de masa foliar. Se detecta diferencias, entre T2 y T4 así, en la localidad de Chocloca el T2 (utilización sólo de 41-46-00) registró rendimientos de biomasa superior de 13571 kg ha^{-1} comparado con el T4 (sólo la utilización del yeso agrícola sin fertilización). En la localidad de Charaja se reportó diferencias ($P < 0.05$) en todos los tratamientos estudiados, los rendimientos más elevados fueron para el T3 y los más bajos para el T1. Cuando se realizó un análisis combinado entre las localidades, también se detectó diferencias en biomasa ($P < 0.05$) entre tratamientos. El análisis de los resultados obtenidos en el presente experimento podemos deducir que el uso de NPK a razón de 41-46-00 más yeso agrícola registró los mejores resultados de 41431 kg ha^{-1} de rendimiento en biomasa foliar, es decir superior con 15433 kg ha^{-1} de biomasa foliar de maíz cuando es comparado con el testigo donde no se usa ni fertilización ni yeso agrícola. También en el análisis combinado se destaca la diferencia entre el uso de fertilización ($P < 0.05$) cuando es comparado con el yeso agrícola. Donde la fertilización con una formulación de 41-46-00 tendría un rendimiento superior de 8341 kg ha^{-1} cuando es comparado con el uso de yeso agrícola sin fertilización (Tabla 1).

Tabla 1. Rendimiento de biomasa foliar (kg ha^{-1}) de maíz forrajero en dos localidades, con el uso de yeso agrícola (YA) y fertilización. Tarija 2013 – 2014.

Tratamientos	Rendimiento en grano (kg ha^{-1})				Media	
	Chocloca		Charaja			
T3. 41-46-00 + YA	44291	A	38572	A	41431	A
T2. 41-46-00	43571	A	33111	B	38341	B
T4. 00-00-00 + YA	30000	B	30572	C	30286	C
T1. 00-00-00 (Testigo)	26428	C	25367	D	25898	D
C.V. (%)	2.74		2.79		3.24	
Promedio	36072.5		31905.5		33989.0	

Letras similares a lo largo de cada columna no difieren entre si según Tuckey ($P < 0.05$)

Así, varios autores como Agbenin (2003); Cuenca *et al.* (2001); Blamey *et al.* (1997); Corrales *et al.* (1997), en base a diferentes estudios realizados coinciden en señalar que el uso del yeso en la agricultura tiene sus ventajas comparativas no solo en el cultivo de maíz sino también en otros cultivos debido a que ayuda a la proliferación de lombrices de tierra, e indican que un suministro continuo de calcio es esencial para las lombrices de tierra que mejoran la aireación del suelo, mejoran la concentración del suelo y mezclan el suelo. También señalan que las propiedades del yeso como enmienda agrícola, el calcio reemplaza el sodio sostenido en los sitios de atascamiento de arcilla, el yeso mejora la estructura del suelo, ayuda a reciclar suelos sódicos, previene el encostramiento de suelo y ayuda a la semilla a emerger, produce la descompactación del suelo, hace más fácil las tareas de labranza, detiene la erosión y la corriente de agua, disminuye la expansión y agrietamiento del suelo asociado a las arcillas, mejora los niveles de infiltración en suelos y también la conductividad hidráulica del suelo, disminuye el pH de los suelos sódicos, previene la inundación del suelo, previene el lavado del suelo por agua, mejora el balance de la materia orgánica del suelo, corrige la acidez del subsuelo, mejora la eficiencia en el uso de agua, hace posible el uso de riego con agua de baja calidad, disminuye la erosión del suelo, ayuda a las

plantas a absorber nutrientes, disminuye la toxicidad de metales pesados, incrementa el aprovechamiento de enmiendas orgánicas, ayuda a preparar el suelo en un sistema de siembra directa, aumenta la calidad de frutos y previene algunas enfermedades de las plantas, ayuda a preparar y manejar suelos no cultivados o con pasturas. Disminuye la densidad del suelo, disminuye el efecto tóxico de salinidad (NaCl), mejora el pH de la zona radicular, multiplica la absorción de otros fertilizantes, disminuye las pérdidas de nitrógeno a través del aire, permite que los organismos benéficos del suelo se desarrollen adecuadamente, ayuda a la formación de nódulos en las raíces de las plantas leguminosas, ayuda a la conservación de suelo para mantener un campo productivo a lo largo del tiempo, aumenta el período productivo de las pasturas y ayuda a mantener un alto stand de plantas, aumenta el rendimiento de los cultivos y produce un incremento de la materia seca de las pasturas. Se deduce que el calcio (Ca) es absorbido por las plantas como catión: Ca^{+2} y es acumulado por las plantas, especialmente en las hojas donde se deposita y es inmovilizado. El yeso ($\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y fosfatos de calcio Ca^{+2} en el complejo de intercambio: debido a su carga y reducida hidratación el Ca es adsorbido con mayor fuerza que el Mg, el K y el Na por lo que es común que el Ca^{+2} ocupe del 30 al 90% de la capacidad total de intercambio del suelo.

Tabla 2. Uso de yeso agrícola (YA) como enmienda en maíz para rendimiento en grano (kg ha^{-1}), en dos localidades del valle central de Tarija 2013 – 2014.

Tratamientos	Rendimiento en grano (kg ha ⁻¹)				Media	
	Chocloca		Charaja			
T3. 41-46-00 + YA	4958	A	4856	A	4907	A
T2. 41-46-00	4627	A	4113	B	4370	B
T4. 00-00-00 + YA	3203	B	3571	C	3387	C
T1. 00-00-00 (Testigo)	2985	B	1830	D	2407	D
C.V. (%)	3.62		2.83		2.95	
Promedio	3943.250		3592.500		3767.875	

Letras similares a lo largo de cada columna no difieren entre si según Tuckey ($P < 0,05$)

En la Tabla 2, se indican los resultados obtenidos en las dos localidades, con uso de yeso agrícola como enmienda en maíz para rendimiento en grano (kg ha^{-1}). Los resultados muestran diferencias significativas en los tratamientos y localidades estudiadas (Tuckey $p < 0,05$). Así por ejemplo en la comunidad de Chocloca para la variedad Compuesto 20, registró un rendimiento en grano de 4958 kg ha^{-1} para el tratamiento T3 donde se usó 41-46-00 de NPK más yeso agrícola es decir, el tratamiento T3 el rendimiento fue superior con más de 1973 kg ha^{-1} de rendimiento en grano comparado con el testigo T1. Así mismo en la localidad de Chocloca, el tratamiento T4, donde se usó yeso agrícola sin fertilización, es similar comparado con el Testigo. Se encontró diferencias entre T2 y T4, así en la localidad de Chocloca el T2 (utilización sólo de 41-46-00) registró rendimientos en grano superior de 1424 kg ha^{-1} comparado con el T4 (sólo la utilización del yeso agrícola sin fertilización). En la localidad de Charaja se reportó diferencias ($P < 0,05$) en todos los tratamientos estudiados, los rendimientos más elevados fueron para el T3 y los más bajos para el T1. Cuando se realizó un análisis combinado entre las localidades, también se detectó diferencias en el rendimiento en grano ($P < 0,05$) entre tratamientos. El análisis de los resultados obtenidos del presente experimento podemos deducir que el uso de NPK a razón de 41-46-00 más yeso agrícola registró los mejores resultados con 4907 kg ha^{-1} de rendimiento en grano es decir superior con 2500 kg ha^{-1} de grano de maíz cuando es comparado con el Testigo donde no se usa ni fertilización ni yeso agrícola. También, en el análisis combinado se destaca la diferencia entre el uso de fertilización ($P < 0,05$) cuando es comparado con el yeso agrícola (Tabla 2). Similares resultados fueron obtenidos por varios autores que coinciden en señalar las funciones del yeso agrícola en el suelo y en la planta. Así por ejemplo, Gaume *et al.* (2010); indican que la exudación de la raíces de maíz

como respuesta a la aplicación de enmiendas de fósforo. Así mismo Huttová *et al.* (2011) reporta cambios en el citoplasma de las proteínas del maíz como consecuencia de la aplicación de enmiendas. Por otro lado Poudel *et al.* (2010), Waltham y Eick (2002), Sparks (1996), Shoji *et al.* (1993) estudiaron las características, propiedades y usos de suelos, con fosfitos, yeso y otros y su influencia en las plantas e indican, que las ventajas del yeso para prevenir y corregir la sodicidad se deben al mejoramiento de las propiedades físicas, químicas, físico-químicas y biológicas del suelo y se traducen en: gran estabilidad de materia orgánica del suelo, agregados de suelo más estables, mejoramiento de la infiltración del agua en el suelo. La percolación es una de las variables que más reflejan la recuperación de la condición física del suelo luego de la aplicación del yeso. Dosis de 1000 a 3000 kg ha^{-1} de yeso son suficientes para lograr cambios significativos en la condición física del suelo. El yeso como fertilizante proporciona Azufre y Calcio, manteniendo el pH del suelo en condiciones de óptima fertilidad para aumentar el rendimiento de los cultivos. El yeso agrícola, tiene una solubilidad mucho menor a la de los fertilizantes sintéticos, lo cual demuestra una importante ventaja porque bajo determinada distribución granulométrica (entre 1 mm y 5 mm), se logra una solubilización inmediata pero gradual y con efecto residual, evitando los inconvenientes y mermas de persistencia del azufre y calcio en el suelo generados por disoluciones instantáneas, como la de algunos pelletizados de yeso y el sulfato de amonio. La aplicación de sulfato de calcio produce un mayor aprovechamiento de otros nutrientes esenciales. Está demostrado que la incorporación balanceada de nutrientes favorece la absorción de los mismos por los cultivos. El Nitrógeno (N) y el fósforo (P) son absorbidos más eficientemente cuando se aplican a suelos con niveles apropiados de azufre (S) y calcio (Ca) aumentando de esta forma los rendimientos.

Tabla 3. Análisis económico para uso de yeso agrícola (YA) como enmienda en el cultivo de maíz forrajero, de las localidades de Chocloca y Charaja, Tarija (2013 – 2014):

Tratamientos	Rendimiento Masa Foliar (t ha ⁻¹)	Costos Variables (Bs ha ⁻¹)	Costos Margin (Bs ha ⁻¹)	Beneficio Neto (Bs ha ⁻¹)	Beneficio Neto Marginal (Bs ha ⁻¹)	T.R.M. (%)
T1) 00-00-00	25.898	0.00	-	10100		
T4) 00-00-00 + YA	30.286	722.00	722.00	11812	1712	237
T2) 41-46-00	38.341	1120.00	398.00	14953	3141	789
T3) 41-46-00 + YA	41.431	1842.00	722.00	16158	1205	163

Precio: Maíz para Ensilaje= 0.39 Bs kg⁻¹, Abono 18-46-00= 320 Bs por bolsa de 50 kg, Urea= 280 Bs por bolsa de 50 kg, YA= Yeso Agrícola= 0.783 Bs kg⁻¹, Dosis Yeso Agrícola= 2000 kg ha⁻¹, Jornal= 100 Bs, Aplicación abono= 2 jornales ha⁻¹, Aplicación Yeso Agrícola= 6 jornales ha⁻¹. Frecuencia aplicación yeso agrícola = 3 años, monto yeso agrícola y jornales se dividió entre 3.

En la Tabla 3, se indican los resultados del análisis económico de uso de yeso agrícola como enmienda en el cultivo de maíz forrajero en las localidades de Chocloca y Charaja. Los datos analizados y deducidos en promedio entre las 2 localidades, con respecto al rendimiento de la masa foliar, reflejan que los mejores tratamientos son los niveles 41-46-00 más yeso agrícola, 41-46-00 y 00-00-00 más yeso agrícola con un Beneficio Neto de 16158 Bs ha⁻¹, 14953 Bs ha⁻¹ y 11812 Bs ha⁻¹, y una Tasa de Retorno Marginal de 163 %, 789 % y 237 % respectivamente.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio, son ricos en información original en cuanto al manejo de suelos para el cultivo de maíz en las dos localidades estudiadas en el valle de Tarija. Se concluye que el uso de yeso agrícola tiene ventajas competitivas en cuanto a la producción del maíz en rendimiento de la biomasa foliar y rendimiento en grano. Los mejores tratamientos fueron los niveles 41-46-00 más yeso agrícola y 41-46-00, especialmente por su alto rendimiento de la biomasa foliar, alto rendimiento en grano, tallos más robustos y mayor altura de planta. El análisis económico realizado promediando las 2 localidades, con respecto al rendimiento de la biomasa foliar, se concluye que los mejores tratamientos son el uso de 41-46-00 más yeso agrícola, 41-46-00 y 00-00-00 con yeso agrícola, según el beneficio neto y la tasa de retorno marginal.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los trabajadores de campo de la Estación Experimental Chocloca de la UAJMS y al Ing, Wilder Guerrero, encargado de La Estación Experimental Chocloca FCyF.

Referencias

- Agbenin, J.O. (2003). Extractable iron and aluminum effects on phosphate sorption in a savanna Alfisol. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 589-595.
- Barrow, N. J. (2012). Effects of adsorption of sulfate by soils on the amount of sulfate present and its availability to plants. *Soil Sci.* 108:193-201.
- Blamey, F.P.C., Ostatek-Boczynski Z, Y., Kerven. G.L. (1997). Ligand effects on aluminium sorption by calcium pectate. *Plant Soil* 192: 269-275.
- Corrales, I., Poschenrieder, Ch., Barceló. J. (1997). Influence of silicon pretreatment on aluminum toxicity in maize root. *Plant Soil* 190: 203-209.
- Cuenca, G., Andrade, Z., Meneses, E. (2001). The presence of aluminum in arbuscular mycorrhizas of *Clusia multiflora* exposed to increased acidity. *Plant Soil* 231: 233-241
- Dao, T.H., Sikora, L.J., Hamasaki, A., Chaney, R.L. (2001). Aluminum and iron by-products and aerobic composting. *J. Environ. Quality* 30:1693- 1698.
- Gaume, A., Mächler, F., Frossard, E. (2010). Aluminum

resistance in two cultivars of *Zea mays* L. Root exudation of organic acids and influence of phosphorus nutrition. *Plant Soil* 234: 73-81

Gordón, R., González, A., y Franco, J. (2013). Evaluación de dosis y métodos de aplicación de azufre y su efecto residual en el cultivo de maíz en dos localidades de azuero, panamá *agronomía mesoamericana* 3: 52-56.

Huttová, J., Tamás, I., Mistrik, E. I. (2011). Quantitative changes in maize cytoplasmic proteins induced by aluminium. *Biol. Plantarum* 41:547-554.

Kang, B.T. y Osinama, O.A. (2011). Sulfur response of maize in Western Nigeria. *Agron. Journ.* 68: 333-336.

Poudel, D.D., Midmore, D.J., West, L.T. (2010). Soil development and fertility characteristics of a volcanic slope in Mindanao, the Philippines. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1258-1273.

Shoji, S., Nanzyo, M., Dahlgren, R. (1993). Productivity and utilization of volcanic ash soils. pp. 209-251. In: Shoji, S. *et al.* (eds). Volcanic ash soils: Genesis, properties and utilization. Developments in Soil Science 21. Elsevier Amsterdam, The Netherlands.

Sparks, D.L. (1996). Methods of soil analysis.

Part 3. Chemical Methods. Soil Science Society of America. Madison, WI. Violante, A. y M. Pigna. 2002. Arsenate and phosphate sorption on different clay minerals and soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 1788-1796.

Waltham, C.A. y Eick, M.J. (2002). Kinetics of arsenic adsorption on goethite in the presence of sorbed silicic acid. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 818-825.

Información de *Chenopodium quinoa* W., *Chenopodium pallidicaule* A., y *Amaranthus caudatus* en la base de datos del banco nacional de germoplasma de Bolivia en GRIN-Global

Information of *Chenopodium quinoa* W., *Chenopodium pallidicaule* A., and *Amaranthus caudatus* in the database of the national bank of germplasm of Bolivia in GRIN -Global

Edwin Iquize ¹

¹ Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF, Cochabamba, Bolivia

email de correspondencia: e_iquize_v@hotmail.com

Resumen

Con el objetivo de visualizar la información de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos *Chenopodium quinoa* W., (quinua), *Chenopodium pallidicaule* A., (cañahua), y *Amaranthus caudatus* (amaranto, millmi) disponible *on line* en la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global. La base de datos está en un servidor de prueba (Toralapa), servidor de publicación (INIAF-Nacional La Paz www.iniaf.gob.bo) y en una PC de trabajo (INIAF-Cochabamba). La Base de datos en sitio Web permite acceder a información de procedencia y caracterización con estadística descriptiva, mapa, fotografías y solicitudes. La Base de datos alberga información de: quinua 3178 accesiones registradas, inventariadas 3104 y caracterizadas 2815; cañahua 801 registros y 774 inventariadas y caracterizadas 737; y amaranto 216 registros, inventariadas 208 y caracterizadas 140. Se **concluye que el INIAF** continua documentando los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos y otras colecciones en la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global. Además permite observar a las accesiones que tienen variabilidad dentro cada descriptor caracterizado.

Palabras clave: Banco de germoplasma, Quinua, Cañahua, Amaranto, GRIN-Global, Base de datos.

Abstract

In order to visualize the information of the Genetic Resources of High Andean Grains *Chenopodium quinoa* W., (quinua), *Chenopodium pallidicaule* A., (cañahua), and *Amaranthus caudatus* (amaranth, millmi) available online in the Bank Database National Germplasm of Bolivia at GRIN-Global. The database is on a test server (Toralapa), publishing server (INIAF-Nacional La Paz www.iniaf.gob.bo) and on a working PC (INIAF-Cochabamba). The Database on the Web site allows access to information of origin and characterization with descriptive statistics, map, photographs and requests. The Database contains information from: quinoa 3178 registered accessions, inventoried 3104 and characterized 2815; Cañahua 801 records and 774 inventoried and characterized 737; And amaranthus 216 records, inventoried 208 and characterized 140. It is concluded that INIAF continues to document the Genetic Resources of High Andean Grains and other collections in the National Database of Germplasm of Bolivia in GRIN-Global. In addition it allows to observe the accessions that have variability within each characterized descriptor.

Keywords: Germplasm Bank, Quinua, Cañahua, Amaranth, GRIN-Global, Database.

Introducción

Obsérvese, en el manejo de los Recursos Genéticos se considera cuatro pilares o áreas (conservación, documentación, promoción del uso e investigación), donde cada una de ellas presenta una serie de actividades y con ellas una serie de variables, todas ellas relacionadas por el código de la accesión. En ese sentido, la Base de datos de estos recursos genéticos tiene gran relevancia en la documentación, además de generar información resumida (estadística descriptiva) que permite al Responsable o Curador del Banco tomar decisiones referidas a actividades de conservación (Engels y Visser 2007; Iquize, 2013).

La documentación de los Recursos Genéticos de Bolivia se inició desde 1963 (Cardozo, 1994) realizadas por notables investigadores en base a las colectas, inicialmente de tubérculos. El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF en Julio del 2010 recibió el germoplasma de Granos Altoandinos como *Chenopodium quinoa* W., (quinua), *Chenopodium pallidicaule* A., (cañahua), y *Amaranthus caudatus* (amaranto, millmi), y con ello una base de datos en Microsoft Excel por la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos PROINPA y en parte el Centro de Investigación Fitoecogenético de Pairumani de la Fundación Patiño.

El INIAF viene continuando con la documentación de los Recursos Genéticos de Granos Altoandinos (quinua, cañahua, amaranto y paico), Tubérculos y Raíces Andinas (papa, oca, isaño, papalisa y raíces), Hortalizas (capsicum, cucúrbitas, tomate y berenjena), Cereales (maíz y trigo), Leguminosas (frijol, haba, arveja, maní y tarwi) y Forestal. En base a experiencias, el INIAF definió trabajar con el Sistema de documentación GRIN-Global para la documentación de estos Recursos Genéticos. Así el INIAF formalizó en septiembre 09 del 2014 a GRIN-Global (Mercado, 2014). Investigadores, do-

centes, estudiantes y público en general, eventos de seminarios y congresos expresaron la dificultad de acceder a la información de los recursos genéticos de Bolivia, por lo cual se plantea la necesidad que ésta información sea accesible para su uso.

Bajo estos antecedentes el presente reporte tiene el objetivo de visualizar la información del Recurso Genético de Granos *Chenopodium quinoa* W., *Chenopodium pallidicaule* A., y *Amaranthus caudatus* en la Base de Datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global.

Materiales y métodos

Materiales

El mantenimiento de la Base de datos dispone de equipos: como un servidor de prueba Dell Power Edge T610, ubicada en el Centro de Innovación Torralapa (74 km carretera antigua Cochabamba Santa Cruz); servidor de publicación en INIAF-Nacional La Paz; y una PC-Dell Core-i7 para trabajo en oficina de INIAF-Cochabamba.

Metodología

La disponibilidad de la información de los recursos genéticos de Bolivia tuvo las siguientes fases.

a) Primera fase

Luego de la generación del Plan implementación del sistema de manejo de información de los recursos genéticos administrados por el INIAF-Bolivia (Iquize, 2013) se plasmó en Microsoft Excel con datos de los Bancos de Germoplasma Granos Altoandinos; Cereales y Leguminosas; Forestales; y Hortalizas, y en Microsoft Access de Tubérculos y Raíces Andinas. La estructura de las Bases de datos presenta cuatro pilares: conservación, documentación, uso e investigación. Cada una de ellas expresa una serie de variables y relacionadas por el código

de la accesión. Así mismo, la base de datos además de generar información resumida (estadística descriptiva) le permite al Responsable del Banco tomar decisiones referidas a actividades de conservación. Estas bases de datos contiene: tapa o inicio; índices, datos, tablas y figuras con estadística descriptiva; todas ellas ligadas y cuando se incluya nuevas observaciones o accesiones en la tabla de datos las consultas podrán ser actualizadas fácilmente (Iquize, 2013; Ruiz, 2009).

b) Segunda fase

El Plan de Implementación de Programa Nacional de Recursos Genéticos (INIAF, 2013), presentó en el Subproyecto: Fortalecer los procesos de conservación Ex Situ de recursos genéticos de la agrobiodiversidad, forestales, acuícolas, y microorganismos relacionados con los ciclos de vida del suelo - planta; con objetivo general de Fortalecer los procesos de conservación ex situ de Recursos Genéticos de la Agrobiodiversidad; y el objetivo específico de Implementar un sistema nacional especializado de documentación y registro de datos de origen (datos de pasaporte), colecta, caracterización y evaluación de colecciones.

En ese sentido se procedió trabajar con el

GRIN-Global versión 1.8.33 del 2014 (GRIN-Global, 2013) (patrocinada por Global Crop Diversity Trust, Bioversity International y USDA) debido a la versatilidad, amplitud del sistema y por su disponibilidad (Blanco e Iquize, 2014).

La implementación de la Base de datos fue estudiar el Sistema GRIN-Global apoyado con guías (en inglés) y 10 consultas al soporte de GRIN-Global Marty Reisenger en 2014. La alimentación de los datos a la Base de datos consideró: un control de la información de pasaporte, inventario, caracterización y germinación utilizando DIVAGIS (FAO), Google EARTH, Microsoft Excel, Access y documentación; los datos fueron organizados en función a la estructura del GRIN-Global. Se incluyó los datos (en español e inglés) en el servidor de prueba con la Herramienta Curador (Figura 1) y constatado que la información esta correcta, se procedió a vaciar en el servidor de publicación (activa oficialmente desde noviembre 17, 2014 en www.iniaf.gob.bo) (Figura 2). En la gestión 2015, se actualizó la versión de GRIN-Global, con el apoyo del soporte del MC Carlos Alarcón de CIMMYT-GRIN-Global y reportó a la comunidad internacional en el 10° SIRGEALC Simposio de Recursos Genéticos para la América Latina e o Caribe, Bento Goncalves, Brasil (Alarcón, 2015).

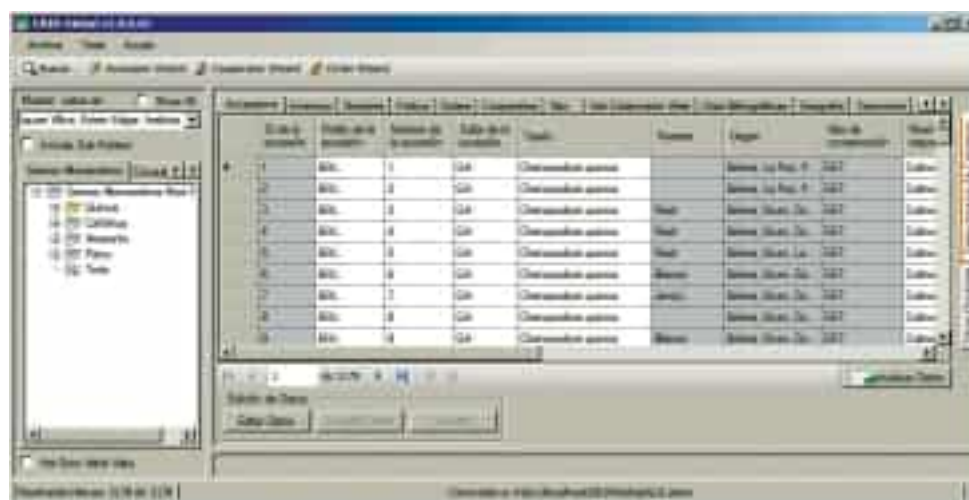


Figura 1. Ventana del Módulo Curador (Curator Tool), con descriptores introducidos para el cultivo de quinua

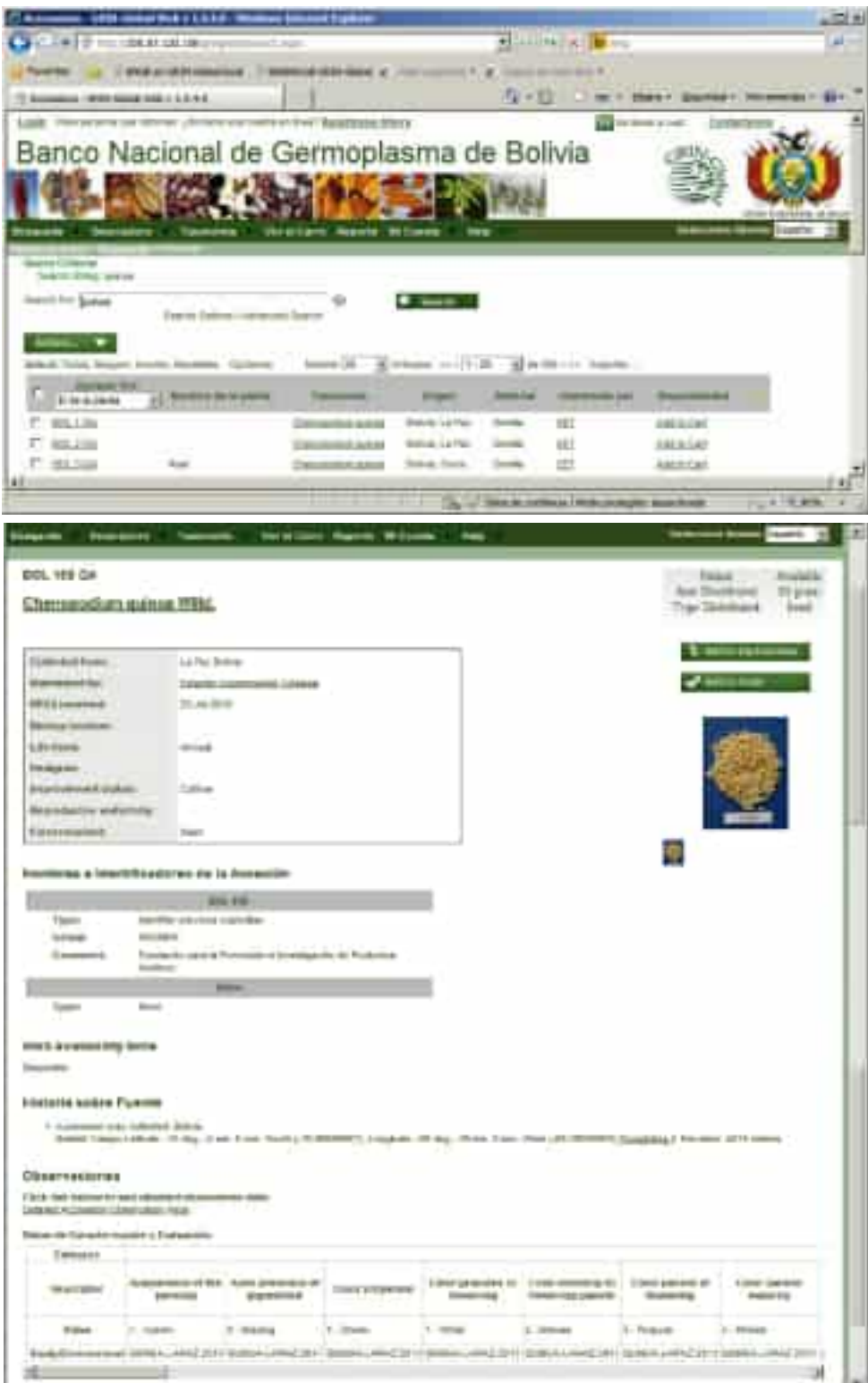


Figura 2. Sitio Web de la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global mostrando la búsqueda de quinua y detalles de una accesión.

La información de pasaporte, inventario y caracterización fue procesada con estadística simple (número de observaciones, promedio, desviación estándar, valor mínimo y máximo) (Steel y Torrie, 1992). Por otra parte las consultas sobre descriptores en la Base de datos sitio web, genera tablas de distribución de frecuencias para datos cualitativos y cuantitativos (GRIN-Global, 2015).

Resultados y discusión

Quinua

La Tabla 1, contiene un resumen de las accesiones de *Chenopodium quinua* W (quinua) referida a las registradas, inventariadas (semilla) y caracterizadas documentada en la Base de datos del Banco Nacio-

nal de Germoplasma en GRIN-Global. Respecto al total de 3.178 accesiones se tiene 2.815 caracterizadas. Nótese esta caracterización considera variables morfológicas, rendimiento y análisis bromatológico del grano. Así mismo la Tabla 1, refleja la caracterización con 55 variables o descriptores, es heterogénea, con accesiones desde 12,73 a 100,00 %, es decir existe accesiones con 7 descriptores caracterizadas como mínimo y máximo accesiones con 55 descriptores. Referente a la caracterización se tiene el 88,58 % de las accesiones en forma general, es decir dichas accesiones tiene caracterizado por encima de un descriptor. También sobresale la caracterización morfológica y agronómica; referido a la caracterización nutritiva se tiene en menor proporción (Tabla 2).

Tabla 1. Registro, inventario de semilla y caracterización de las accesiones de la colección de quinua en la Base de datos en GRIN-Global

Accesiones		Caracterización de 55 descriptores (%)				
Registro	Inventario semilla	N	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
3.178	3.104	2.815	80.33	13.29	12.73	100.00

Tabla 2. Caracterización por tipo de descriptores de las accesiones de quinua en la Base de datos en GRIN-Global (n=3178)

Descriptores	Descriptores	Caracterizadas	
		Número accesiones	%
General	55	2.815	88.58
Morfológicos	31	2.763	86.94
Fenología	4	2.757	86.75
Tolerancia a factores abióticos y bióticos	7	2.345	73.79
Agronómico	4	2.763	86.94
Nutritivo	7	316	9.94
Química	2	2.530	79.61

El resultados de la consulta en la base de datos sitio web, referente a quinua y el rendimiento de grano ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) (Tabla 3) presentó variabilidad de pesos, evidenciándose mayor cantidad de accesiones con menores pesos y menor frecuencia de accesiones con pesos mayores. Según Stanfield (1985) el

rendimiento al ser un descriptor cuantitativo tiene las característica del accionar poligénica. En dicha consulta, el número de accesiones es ligado a las accesiones, de tal forma que usuario puede visualizar dichas accesiones.

Tabla 3. Distribución de valores por rendimiento de grano de quinua (RGR) en la Base de datos Sitio Web

Rango (g*planta ⁻¹)	Número de accesiones
0.20 - 44.06	1.257
44.06 - 87.92	1.130
87.92 - 131.78	213
131.78 - 175.64	80
175.64 - 219.50	37
219.50 - 263.36	17
263.36 - 307.22	7
307.22 - 351.08	2
351.08 - 394.94	0
394.94 - 438.80	2

Referente a descriptores cualitativos, a la consulta también se observó una tabla de distribución de frecuencias (Tabla 4) reflejando variabilidad en el color de panoja de la quinua. Este descriptor también es la expresión de genes mayores (Stanfield, 1985).

Tabla 4. Distribución de valores del color de panoja a la floración (CPF) de quinua en la Base de datos Sitio Web

Código	Definición	Número de accesiones
1	Verde	1306
3	Purpura	1002
5	Variegado (mixtura)	29
7	Rojo	406

Cañahua

En la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma en GRIN-Global la *Chenopodium pallidicaule* A., (cañahua) registró accesiones caracterizadas en un 74,95 % como promedio, un mínimo y máximo de 63,89 y 100,00 %, es decir una accesión

como mínimo tiene 28 descriptores y otra accesión con un máximo caracterizados con 45 descriptores (Tabla 5). La caracterización morfológica, fenológica y agronómica presentó alrededor del 92% de las accesiones (Tabla 6), así mismo en menor proporción se observó caracterización en el área nutricional.

Tabla 5. Procedencia, registro, inventario de semilla y caracterización de las accesiones de la colección de cañahua en la Base de datos en GRIN-Global

País	Accesiones		Caracterización de descriptores (%)				
	Registro	Inventario semilla	N	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
(45 descriptores)							
Bolivia	383	378	345	73.62	10.35	63.89	100.00
Perú	13	13	13	75.64	9.90	66.67	91.67
(en blanco)	405	383	379	76.14	6.13	66.67	100.00
Total	801	774	737	74.95	8.52	63.89	100.00

Tabla 6. Caracterización por tipo de descriptores de las accesiones de cañahua (n=801) en la Base de datos en GRIN-Global

Descriptores	Descriptores	Caracterizadas	
		Número accesiones	%
General	45	737	92.01
Morfológicos	24	737	92.01
Fenología	8	737	92.01
Agronómico	3	737	92.01
Nutritivo	10	80	9.99

Nótese, realizando la consulta en la base de datos sitio web, sobre el descriptor rendimiento de grano ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) de la cañahua (Tabla 7) también presentó variabilidad de pesos, con mayor frecuencia accesiones de menor rendimiento y pocas accesiones con pesos mayores. En la Tabla 8, el descriptor cualitativo hábito de crecimiento de la cañahua registro mayor cantidad de accesiones del tipo intermedio, seguida de las erectas y rastrera.

Tabla 7. Distribución de valores del rendimiento de grano (RGR) de cañahua en la Base de datos Sitio Web

Rango ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$)	Número de accesiones
0.54 - 8.84	240
8.84 - 17.14	257
17.14 - 25.44	147
25.44 - 33.74	70
33.74 - 42.04	18
42.04 - 50.34	4
50.34 - 58.64	1
58.64 - 66.94	1
66.94 - 75.24	0
75.24 - 83.54	1

Tabla 8. Distribución de valores del hábito de crecimiento (PHC) de cañahua en la Base de datos Sitio Web

Código	Definición	Número de accesiones
1	Saihua (erecta)	104
2	Lasta (intermedia)	593
3	Pampalasta (rastrera)	40

Amaranto

En *Amaranthus caudatus* (amaranto) se registró accepción con un mínimo de 26.09 y 95.65 % como, es decir una accepción posee caracterizado como mínimo con 11 descriptores y otra accepción con un

máximo de 41 descriptores (Tabla 9). Por otra parte, se observó un 64.81% de accesiones caracterizadas con al menos 11 descriptores (Tabla 10), también la información en detalle está incluida en la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global.

Tabla 9. Procedencia, registro, inventario de semilla y caracterización de las accesiones de la colección de amaranto en la Base de datos en GRIN-Global

Accesiones			Caracterización de descriptores (%)				
País	Registro	Inventario semilla	N	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
(43 descriptores)							
Bolivia	216	208	140	51.43	33.60	26.09	95.65

Tabla 10. Caracterización por tipo de descriptores de las accesiones de amaranto (n=216) en la Base de datos en GRIN-Global

Descriptores	Descriptores	Caracterizadas	
		Número accesiones	%
General	43	140	64.81
Morfológicos	30	140	64.81
Fenología	8	140	64.81
Agronómico	5	140	64.81
General	43	140	64.81

El descriptor rendimiento de grano ($\text{g} \cdot \text{planta}^{-1}$) del amaranto (Tabla 11) presentó, a la consulta en la Base de datos sitio web, variabilidad de pesos con tendencia a la distribución normal, donde una ma-

yor frecuencia de accesiones poseen pesos intermedios y menor cantidad de accesiones con pesos menores y pesos mayores.

Tabla 11. Distribución de valores del rendimiento granos por planta (RGP) en la Base de datos Sitio Web

Rango (g*planta ⁻¹)	Número de accesiones
39.50 - 47.89	2
47.89 - 56.28	9
56.28 - 64.67	13
64.67 - 73.06	20
73.06 - 81.45	18
81.45 - 89.84	12
89.84 - 98.23	7
98.23 - 106.62	6
106.62 - 115.01	0
115.01 - 123.40	2

La información resumida de los descriptores tanto cuantitativos y cualitativos, que ofrece la Base de datos en GRIN-Global sitio web le permite visualizar al investigador, estudiante, curador o usuarios identificar accesiones de interés y poder realizar pedidos (GRIN-Global, 2015), este aspecto es aplicable a la quinua, cañahua, amaranto y las otras especies que están insertos en.

Información de germinación de semillas

La Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global también contiene datos sobre el análisis de germinación de semillas (ISTA, 2000) de las accesión de Granos Altoandinos (Alanoca et al., 2013), la misma es posible consultarse a través de la Herramienta Curador (GRIN-Global, 2015).

Consultas de un o más descriptores en la interfaz Web

En la base de datos (www.iniaf.gob.bo), puede realizarse consultas de datos de caracterización. En la Figura 3, se expone los pasos para obtener información de interés de un descriptor, estos pasos son: acceder en el menú principal en Descriptors seleccionar el cultivo quinua y se obtiene la lista codificada de los descriptores; ubicando el cursor del mouse visualiza el nombre del descriptor (1); luego presionar en Ir (2), se obtiene una vista para seleccionar; considere el peso de grano mayor o igual a 301 g (3) y presionar en búsqueda (4); y posteriormente genera una lista. Este criterio, también puede realizarse para dos o más descriptores.



Figura 3. Consulta del Descriptor peso de grano de quinua en la interfaz Web de la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global.

Se observó la experiencia de la Base de datos de GRIN-Global: CIMMYT (Alarcon, 2016), INIA Chile (Díaz, 2016) y CIAT Colombia (Hernández, 2016); y la Base de datos Alelo de EMBRAPA (Mariante, 2016), les permite realizar actividades intrínsecas para la conservación e uso de las accesiones. Aspecto que es soportado técnicamente del beneficio de la banda ancha de acceso a web por encima de 35 megas*s a una giga. Por otra parte, los responsable de los Bancos poseen personal de apoyo que les permite manejar la base de datos, por ejemplo la Base de datos de CIMMYT alberga 30.000 accesiones de trigo y 130.000 de maíz (Alarcón, 2016). En ese sentido en Bolivia aún queda pendiente manejar en su integridad la Base de datos.

Conclusiones

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF, viene documentando la información de los Recursos Genéticos en base a la información generada por los anteriores operadores como la Fundación PROINPA, Centro de Investigación Fitoecogenético de Pairumani y el propio INIAF referido a Granos Altoandinos.

La variabilidad de accesiones del cultivo quinua, cañahua y amaranto es posible visualizarla en la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia en GRIN-Global sitio web, debido a que la información está disponible a todo público.

Referencias

- Alanoca C; Guzman D; Lutino S; Iquize E. (2013). Evaluación de la germinación de accesiones del Banco de Germoplasma de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) del Estado Plurinacional de Bolivia. Revista Científica de Investigación *InfoINIAF*. Número 2, Volumen 1. INIAF. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. ISSN 2308-250X. DL: 4-3-16-13 P.O. pp 23-28.
- Alarcon C. (Octubre 2015). GRIN-Global. El sistema global de gestión de información de bancos de germoplasma. CIMMYT GRIN-Global. En 10° SIRGEALC Simposio de Recursos Genéticos para la América Latina e o Caribe. Bento Goncalves, Brasil. ppt.
- Alarcon C. (Abril 2016). Implementación de GRIN-Global en CIMMYT. En Taller de Formación para Especialistas en Documentación de Recursos Fitogenéticos en GRINGlobal, realizado en la sede de CIAT Palmira Colombia. ppt.
- Blanco A; Iquize E. (2014). Avances en la implementación del sistema de documentación Grin-Global en el Banco Nacional de Recursos Genéticos de Bolivia. In: I Congreso Nacional de Recursos Genéticos de Bolivia (Depósito Legal: 3-1-301-14-PO e ISBN: 978-99974-43-98-4) (Agosto 2014)
- Díaz R. (Abril, 2016). Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Unidad de Documentación RRGG. INIA Chile. En Taller de Formación para Especialistas en Documentación de Recursos Fitogenéticos en GRINGlobal, realizado en la sede de CIAT Palmira Colombia. ppt.
- Engels J.M.M. y Visser L. (eds.). (2007). Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6. Bioversity International, Roma, Italia.
- Franco T. (2015). Estado del manejo de la información en los Bancos de Germoplasma administrados por el INIAF, EE Toralapa, Cochabamba, Bolivia. Consultoría. Global Crop Diversity Trust e INIAF. Septiembre 2015.
- Gonzalez D; Hernández A. (Abril 2016). Piloto de Migración y Adaptación de GRIN-Global a la Colección in vitro de Yuca. CIAT Colombia. En Taller de Formación para Especialistas en Documentación de Recursos Fitogenéticos en GRINGlobal, realizado en la sede de CIAT Palmira Colombia. ppt.
- GRIN-Global. (2015). GRIN-Global Curator Tool v 1.9.6.41. User Guide. En PDF https://www.ars-grin.gov/npgs/gringlobal/docs/gg_curator_tool_user_guide_2015jun10.pdf. (Acceso Agosto 2015).
- GRIN-Global. (2015). Sitio Web del GRIN-Global, En PDF https://www.ars-grin.gov/npgs/gringlobal/docs/gg_public_website_spsnish.pdf. (acceso noviembre 2015).
- INIAF. (2010). Plan Estratégico Institucional 2011-2015. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. pp 38-39.
- INIAF. (2013). Plan de Implementación de Programa Nacional de Recursos Genéticos PIP PN RRGG. Propuesta Técnica Fortalecer los procesos de conservación Ex Situ de recursos genéticos de la agrobiodiversidad, forestales, acuícolas, y microorganismos relacionados con los ciclos de vida del suelo - planta. Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia.
- INIAF. (2015). Curso-taller del manejo del módulo curador, sitio web y la Base de datos del Banco Nacional de Germoplasma de Bolivia. Realizado en 15 al 18 de septiembre del 2015 en Cochabamba-Bolivia. Facilitadores Alarcón, C; Blanco, A; Iquize, E. MDRyT, VDRA e INIAF.
- Iquize E. (2013). Plan implementación del sistema de mane-

jo de información de los recursos genéticos administrados por el INIAF-Bolivia. Revista Científica de Investigación *InfoINIAF*. Número 2, Volumen 1. INIAF. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz, Bolivia. ISSN 2308-250X. DL: 4-3-16-13 P.O. pp 37-48.

Iquize E. (2013). Plan de implementación del sistema de manejo de información del recurso genético de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) administrado por INIAF-Bolivia. In Congreso Científico de la Quinua (Memorias) 2013. La Paz, Bolivia. 682 p.; 21,5 cm. (<http://repiica.iica.int/docs/B3332E/B3332E.PDF>)

Mercado H. (2014). Documentation System Using GRIN-Global Bolivian collections of genetic resources managed by INIAF. Letter for Mr Peter Bretting (MDRyT/INIAF/ DGE/362-2014 La Paz, 2014-09-09)

Painting K; Perry M; Denning R; Ayad W. (1993). Guía para la Documentación de Recursos Genéticos. Traducido por Adriana Alercia. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos IBPGR, Roma, Italia.

Roberto I, (Octubre 2015). Portal Alelo. EMBRAPA. En 10° SIRGEALC Simposio de Recursos Genéticos para la América Latina e o Caribe. Bento Goncalves, Brasil. ppt.

Ruiz H. (2009). Excel avanzado Macros y programación VBA. Editora Macro EIRL. Lima. Perú, ISBN 978-612-4034-26-8

Stansfield W. (1985). Genética. Trad. Por Patricia Ramos. Mc GRAW-HILL. México D.F. 551 p

Steel R; Torrie J. (1992). Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill. México DF. p 622

La langosta voladora (*Schistocerca cancellata*, S.) una plaga milenaria en Bolivia

The flying locust (*Schistocerca cancellata*, S.) a milenary pest in Bolivia

Hugo Chambilla

Resumen

Bolivia desde el pasado mes de febrero vive una de las emergencias fitosanitarias poco conocidas, como es la presencia de la plaga de langostas, que ha afectado a cultivos agrícolas de forma alarmante en cuatro municipios del departamento de Santa Cruz. La respuesta del Estado, frente a esta plaga, fue la emisión inmediata del decreto supremo N° 3081 que autorizó la transferencia de recursos económicos del Ministerio de Economía y Finanzas Públicas en favor del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, para la ejecución del plan de emergencia fitosanitaria. En paralelo a la ejecución de este plan de emergencia se ha elaborado y logrado su financiamiento de un programa nacional de control de la langosta voladora. Esta revisión de información primaria y secundaria sobre la langosta, da cuenta, que Bolivia con la voluntad política y el esfuerzo conjunto de las instituciones públicas y privadas, más que el conocimiento y experiencia de sus técnicos, ha logrado controlar la plaga en un 90%, no obstante, aún en campo se encuentra la plaga en sus diferentes estadios, por tanto, el programa nacional de control de la langosta voladora a implementarse en los próximos meses por el SENASAG, dará continuidad al trabajo de control en los próximos cinco años. No obstante, la estrategia y los métodos de control, en específico, deben estar con el enfoque de manejo integral de plagas (MIP).

Palabra clave: Langosta, plaga, plan de emergencia, control.

Abstract

Bolivia has witnessed one of the few known phytosanitary emergencies in February, such as the locust plague, which has affected agricultural crops in four municipalities in the department of Santa Cruz. The State's response to this pest was the immediate issuance of Supreme Decree No. 3081, which authorized the transfer of economic resources from the Ministry of Economy and Public Finance to the Ministry of Rural Development and Lands for the implementation of the plan. Phytosanitary emergency. In parallel with the implementation of this emergency plan, the financing of a national lobster control program has been developed and achieved. This review of primary and secondary information on lobsters reveals that Bolivia with the political will and the joint effort of public and private institutions, more than the knowledge and experience of its technicians, has managed to control the pest in 90%. However, even in the field is the pest in its different stages, therefore, the national control program of the flying lobster to be implemented in the coming months by the SENASAG, will continue the work of control in the next five years. However, the strategy and control methods, in particular, should be with the integrated pest management (IPM) approach.

Key word: Lobster, plague, emergency plan, control.

Introducción

La especie *Schistocerca cancellata*, S., ha causado importantes daños económicos y alimentarios desde hace varios siglos atrás. Según Buratovich (s/a), es uno de los grandes flagelos que registra la historia y ha afectado a varias regiones del Oriente, África del Norte y en América, desde los comienzos de la agricultura hasta en la actualidad con efectos considerables que han comprometido hasta la propia subsistencia de las poblaciones.

En fecha 8 de Febrero del presente año, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia emite el Decreto Supremo N° 3081, que autoriza la transferencia de recursos económicos del Tesoro General de la Nación para el control de la irrupción de la plaga de langostas en el Departamento de Santa Cruz. Esta plaga se habría reportado, desde las zonas afectadas el 27 de Enero y el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria (SENASAG), cinco días después, declara emergencia fitosanitaria según resolución administrativa N° 017/2017.

Actualmente, se ha ejecutado un Plan de Emergencia para el Control de esta plaga, la misma fue liderada por el SENSAG y cooperada por las instituciones del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), asimismo con el concurso de instituciones privadas, de cooperación y gobiernos locales.

Con el objetivo de conocer la situación de la emergencia fitosanitaria, se hace una revisión y analogía tanto de la información primaria y secundaria de las acciones y de esta forma comprender la magnitud del problema, para esto se intenta responder las siguientes preguntas ¿Cuál es el origen de la plaga?, ¿Cuál es la situación actual

del problema?, ¿Cuáles son los resultados del Plan de emergencia?, ¿Qué se vislumbra y avizora a mediano y largo plazo?

El documento consta de tres partes, en la primera hace una introducción sobre la plaga en Bolivia y los alcances del presente trabajo; la segunda, es el desarrollo mismo del documento donde se describe a la plaga y su procedencia; la respuesta del Estado ante la problemática; el Plan de emergencia fitosanitaria, sus alcances y resultados; los actores y las perspectivas a futuro y en la tercera parte, se esboza algunas conclusiones.

Objetivos

El objetivo del trabajo es conocer las implicancias que tuvo la plaga como tal en el país y conocer cómo se viene afrontando desde el Estado y cuál es la prospección a futuro.

Método

La metodología desarrollada es de tipo analítica, descriptiva y concluyente, que contempla etapas como la definición del tema, exploración y revisión de información primaria y secundaria, análisis y síntesis de la información, para finalmente redactar el artículo.

La información primaria utilizada, en este caso, tiene su importancia porque se accedió a información de primera mano a través de reuniones técnicas interinstitucionales la participación en eventos de capacitación, información y difusión sobre la temática y finalmente los reportes técnicos de campo sobre los resultados de trabajos conjuntos realizados frente a la problemática de la plaga.

La langosta en Bolivia

Para el estudio, entiéndase por plaga a cualquier ser vivo que produce daños a los cultivos y por langostas, según la SBE (2017), son naturalmente especies “solitarias” de saltamontes que no forman esos enjambres enormes de miles de individuos pero, en determinadas circunstancias, estas especies solitarias se transforman de solitarias a “gregarias”. Este cambio se da en el transcurso de algunas generaciones (aproximadamente 2 o 3) y es entonces que se denominan langostas. Este cambio dentro de una misma especie se ha llamado “polifenismo de fase denso-dependiente” o también “plasticidad fenotípica denso-dependiente”. En general las langostas, en algunos periodos, forman densos grupos con adultos que pueden migrar y formar grupos, dentro de la misma especie los individuos que son “solitarios” y diferentes a los individuos “gregarios” y esto se evidencia por cambios de forma (polifénicas), es decir, cambios en el color, cambios bioquímicos y/o cambios de comportamiento.

La clasificación taxonómica de la *Chistorcerca cancellata* (Serville 1838) es:

Reino: Animal
Phylum: Arthropoda
Clase: Insecta
Orden: Orthoptera
Familia: Acrididae
Subfamilia: Cyrtacanthacridinae
Tribu: Cyrtacanthacridinae
Género: *Schistocerca*

Se conocen alrededor de 5.000 especies de langosta en todo el mundo, siendo pocas las que generan daños de importancia. Algunas seleccionan su comida y otras son polífagas, tal es el caso del género *Schistocerca*, que puede llegar a devorar más de 400 especies vegetales (Pérez Romagnoli, 2011). La especie *S. cancellata*, ha sido la responsable de

la destrucción de los cultivos en vastas extensiones en la República de Argentina INTA (s/a).

La langosta provoca daños en todos sus estadios de su ciclo de desarrollo, poseen aparato bucal de tipo masticador, atacan la parte foliar de vegetales, desde especies gramíneas y leguminosas en plántulas, arbustos y árboles en producción impidiendo el rebrote.

Origen

Respecto al origen de la plaga en Bolivia se sostiene dos hipótesis:

a) Que la plaga ha migrado desde la República de Argentina.

El 8 de octubre del año pasado, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agrícola Alimentaria de Argentina (Senasa) ya habría advertido la necesidad de prevenir y evitar los riesgos de una nueva plaga, para lo que se presentó un plan de trabajo preventivo para la Campaña 2016/17 en ese país.

A principios del año 2016, el norte de Argentina sufrió la irrupción de la plaga más importante registrado en los últimos 60 años, al punto de afectar más de 700.000 hectáreas. Con esas consecuencias se prepararon para que la plaga no se repita en el verano 2017.

Estas irrupciones importantes en Argentina, dan lugar a creer que la plaga habría migrado desde este país pasando por el departamento de Tarija y llegando a la región del Chaco Cruceño.

b) Que la especie *S. cancellata* siempre ha existido en Bolivia y que la irrupción obedece al favorecimiento de las condiciones climáticas. Según Trumper (2016), un invierno más templado puede ocasionar que la etapa de dormancia invernal (periodo de inactividad) termine antes de lo normal, lo cual lleva a un

“nacimiento” anticipado de las ninfas, las que a su vez, por las temperaturas más altas pueden desarrollarse rápidamente incrementándose así la tasa de crecimiento poblacional.

Esta hipótesis lo corrobora Waloff y Pedgley (1986) y Hunter y Consenzo (1990) citado por Trumper y de la Torre (2017), al indicar que en Sud América el área de distribución de *S. cancellata* abarca el centro y norte de Argentina, Uruguay, Paraguay, sur de Brasil, sudeste de Bolivia, centro y norte de Chile.

Por su parte la SBE (2017), sostiene que la *S. cancellata* es una especie que está hace mucho tiempo entre nosotros, se tiene datos concretos de esta especie en Bolivia desde 1908, en expediciones desde Argentina que la reportaban dentro de Bolivia. También fue reportada con importantes impactos como plaga en Bolivia en los periodos 1948-1949 y 1952-1953. Es decir, en Bolivia existe antecedentes desde los trabajos de Bruzzone (1948, 1952, 1953), Daguerre (1952), Pérez Alcalá (1949, 1952). Asimismo existen precedentes jurídicos relacionados a la langosta varios siglos atrás, como el convenio Latinoamericano de lucha contra la langosta del 19 de septiembre de 1946 y el decreto Ley N° 07306 de la Junta Militar de del Gobierno de Barrientos y Ovando, del 2 de septiembre de 1965, donde se ha designado a miembros de Bolivia al Comité Interamericano Permanente contra la Langosta (SBE 2017).

La langosta como problema fitosanitario en Bolivia

Desde finales del mes de enero de la presente gestión, Bolivia ha vivido una de las emergencias fitosanitarias poco conocidas, como es la presencia de la plaga de langostas, que ha afectado severamente el desarrollo de los cultivos en los municipios de Cabezas, Charagua, El Torno y Boyuibe, del departamento de Santa Cruz, con posibles proyecciones hacia otras las regiones de

los departamentos de Tarija y Chuquisaca.

Existen reportes que hasta finales del mes de enero, esta plaga habría afectado a 1.500 hectáreas de cultivos entre maíz, sorgo, soya y pastos para la producción pecuaria en los municipios afectados.

Después de la identificación de la especie en laboratorios de la Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA), el SENASAG el 31 de enero del 2017, emite la Resolución Administrativa N°10/2017 donde se declara emergencia fitosanitaria por la presencia de langosta voladora en el departamento de Santa Cruz y el 08 de febrero, el gobierno nacional promulga el decreto supremo 3081/2017, que autoriza la transferencia de recursos económicos por un total de Bs. 5.329.629,0 del Tesoro General de la Nación, para la implementación de un plan de emergencia para el control de esta plaga (SENASAG 2017). El decreto supremo promulgado contemplaba la modificación de sus partidas presupuestarias de los municipios y gobernaciones adecuándolos a la emergencia para que puedan priorizar, agilizar los recursos y atender de forma efectiva la emergencia.

Plan de emergencia fitosanitaria

El plan de emergencia, por las competencias institucionales, lo lideró el SENASAG, al cual se sumaron las otras instituciones del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT), miembros de las fuerzas armadas, los gobiernos sub nacionales, la FAO el SENASA, el IICA, entre otras, las mismas se detalla más adelante.

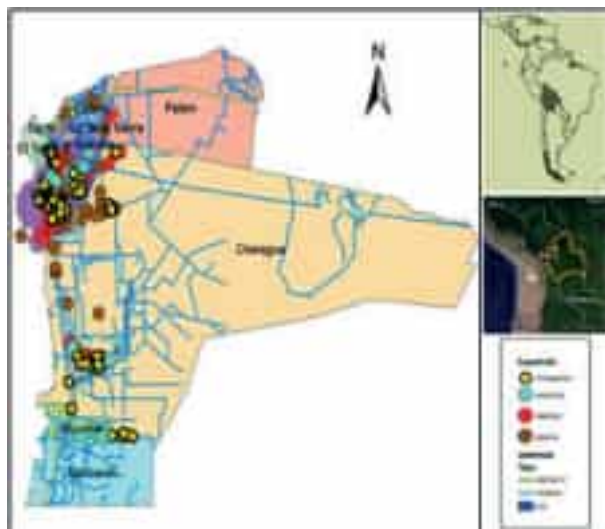
Estrategia de control

Aunque no se tenía la experiencia necesaria para enfrenar esta plaga, los profesionales bolivianos con algunas orientaciones de expertos externos, han desarrollado inicialmente i) una estrategia de trabajo desde el municipios de Cabezas como base de trabajo, delimitando áreas de trabajo para el control

y la implementación de las medidas fitosanitarias con acciones de aplicación de insecticidas tanto aéreas y terrestre y además las labores culturales. Sin embargo, esta estrategia habría dispersado peor aún la plaga, por lo que se reorientó la estrategia a ii) trabajar con cuatro centros operativos, los mismos ubicados en los municipios afectados como es Boyuibe, Charagua, Cabezas y El Torno y bajo tres componentes como son:

- Vigilancia fitosanitaria
- Control
- Capacitación y comunicación

La estrategia consistió en un trabajo de vigilancia, monitoreo y control permanente de la plaga en los municipios afectados y los municipios adyacentes incluido los fines de semana. En la siguiente Figura 1, se presenta los puntos de intervención del monitoreo y control de la langosta voladora:



Fuente: Adaptado de SENASAG 2017

Figura 1. Mapa del área de incidencia y control de la langosta.

Método de control y productos utilizados

Por tratarse de una emergencia fitosanitaria, se ha utilizado únicamente el método químico como medio de control de la plaga de langostas.

En la Tabla 1, se hace un detalle de los productos químicos aprobados, utilizados y las dosis empleadas para el control de los diferentes estadios de la plaga.

Tabla 1. Plaguicidas: dosis utilizada, estadio de aplicación y tipo de aplicación

Nº	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS			ESTADIO	TIPO DE APLICACIÓN
		Ha	Moto Mochila (12 lt.)	Mochila Manual (20 lt.)		
1	Fipronil 800 g/kg WG	5 gr/ha	0,3 gr.	0,5 gr.	huevos y ninfas	Terrestre
2	Fipronil 20% SC	30 ml/h	1,8 ml.	3 ml.	huevos y ninfas	Terrestre
3	Cipermetrina 25% EC	200 ml/ha	12 ml.	20 ml.	Ninfas, Adultos	Terrestre, Aéreo
4	Lambdacyhalotrin 5% EC	400 ml/ha	24 ml.	40 ml.	Ninfas, Adultos	Terrestre
5	Lambdacyhalotrin 20% EC	40 ml/ha	2,4 ml.	4 ml.	Ninfas, Adultos	Terrestre
6	Chlorpyrifos 48%	300 ml/ha	18 ml.	30 ml.	Ninfas, Adultos	Terrestre
7	Aceite Mineral	100 ml/ha	6 ml.	10 ml.	Coadyuvante	Terrestre
8	Aceite Mineral	1000 ml/ha	N/A	N/A	Coadyuvante	Aérea

Fuente: SENASAG 2017

En la Tabla 2, se presenta la cantidad de plaguicidas adquiridas, utilizadas y en almacén.

Tabla 2. Plaguicidas: volumen adquirido, utilizado y en almacén

Plaguicidas	Unidad	Volumen adquirido	Volumen en Almacén	Volumen Utilizado
Cipermetrina	Litros	3.460	1.790	1.175
Fipronil	Kilos	350.0	94.5	231.5
Aceite	Litros	17.300	5.978	10.502

Fuente: SENASAG 2017

Resultados

a) Situación de la plaga

Durante el monitoreo se detectaron 637 brotes de adultos en los 4 centros operativos, 1585

brotes de ninfas y 248 sitios de ovoposición, las mismas fueron controlados mediante la aplicación productos aprobados por el servicio con ayuda de equipos de moto aspersores y atomizadores de alta presión. El municipio con mayor incidencia fue Cabezas con 693 brotes de ninfas, 294 de adultos como se observa en la siguiente Tabla 3.

Tabla 3. Brotes controlados por municipio

Municipio	Brotes atendido		
	Adultos	Ninfas	Huevos
Cabezas	294	693	33
Charagua	184	476	73
Boyube	50	242	47
El Torno	109	158	95
Total	637	1.569	248

Fuente: SENASAG 2017

b) Comunidades asistidas y número de productores beneficiarios del plan

En los cuatros meses de intervención contra la plaga (Febrero-Mayo) se lograron asistir a un total de 238 comunidades distribuidos en los cuatro municipios de Santa Cruz. Los productores beneficiarios directos con el plan de contingencia suman a un total de 3.120 familias de los cuatro municipios afectados, como se detalla en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Comunidades asistidas y número de productores beneficiarios

Municipio	Nº de comunidades	Nº de productores
Cabezas	40	178
Charagua y Pailón	101	1.224
Boyube	82	1.322
El Torno	15	396
Total	238	3.120

Fuente: SENASAG 2017

c) Actores del plan de emergencia

Si bien el plan de emergencia fue liderado por el SENASAG, las concurrencias de otras instituciones también fueron importantes, así participaron

las instituciones del MDRyT y el MDPyEP, los gobiernos sub nacionales, las instituciones privadas, académicas, de salud y castrense, además de la instituciones internacionales de cooperación como la FAO, IICA y expertos de diferentes instituciones y países (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Actores y logística del plan de emergencia fitosanitaria

Nº	Institución	Nº de técnicos	Nº de vehículos
1	Instituciones Públicas Nacionales (MDRyT y MDPyEP)	SENASAG	109
		INIAF, EMAPA, ACCESOS, FDI, OAP, UCAB, PAR, INRA.	45
		CAO, ANAPO, CAPPO	5
2	Instituciones Privadas	FEGASACRUZ	4
		APIA y APRISA	2
		Asociaciones de Productores	0
3	Instituciones Castrenses	Regimiento MARSANA DE CABEZAS	1
4	Instituciones Académicas	UNIBOL	0
5	Instituciones públicas locales (Gobierno Departamental y Municipales)	COED, SEDA-CRUZ	4
		Villamontes, Cabezas, Boyube, El Torno, Camiri, La Guardia.	6
6	Instituciones de Salud	Hospital Fray	0
Total		319	67

Fuente: SENASAG 2017

d) Eventos de capacitación y comunicación

Con la finalidad de informar a técnicos y productores tanto de instituciones públicas y privadas, se realizaron actividades de comunicación y capacitación teórica y práctica en las diferentes temáticas. Se conformó un equipo de comunicación con profesionales del SENASAG y el INIAF. La finalidad fue incidir en un cambio de conducta de las personas para que puedan involucrarse activamente en las acciones de vigilancia y control de la plaga. Estas actividades de comunicación y

capacitación se complementó con la elaboración y distribución de un total de 38 diversos materiales de difusión como ser: audiovisuales, spot, cuñas, cartillas, volantes y otros.

En paralelo a la ejecución del Plan de Emergencia se han desarrollado eventos de capacitación con facilitadores nacionales y externos a un total de 3.698 personas entre técnicos, productores, estudiantes de la región.

Por otro lado, para reforzar el componente comunicación y capacitación se ha desarrollado una estrategia de comunicación con el apoyo del IICA. Esta estrategia tiene tres ejes i) Fortalecimiento de capacidades; ii) Homogeneizar criterios, conceptos (mensajes claros, signos, tipos de materiales a producir, entre otros); y iii) Recordatorios (cuñas radiales, entrega de materiales y visita de campo).

A la fecha se han realizado 10 eventos de capacitación llegando a un total de 595 participantes entre técnicos y productores. Las tareas pendientes son: Desarrollar un curso virtual sobre “comunicación del riesgo” y la implementación de un Sistema de Alerta Temprana, en el marco del Programa de control de la Langosta voladora a ejecutarse por el SENASAG.

Situación actual de la plaga

Según el SENASAG se ha logrado bajar significativamente la densidad poblacional de la plaga. No obstante en campo se todavía se encuentra ninfas desde 1ro a 5to estadio y adultos de la 1ra generación sexualmente inmaduros (imago). Según la misma fuente la plaga estaría controlada en un 90%.

Por otro lado, también se debe considerar que la merma de estas poblaciones de insectos también obedece a la baja de la temperatura y humedad que se viene registrando en las zonas de afectación,

principalmente por la época de invierno donde se registran bajas temperaturas y humedad.

Perspectivas a corto y mediano plazo respecto al control de la plaga

Si bien existe un aparente control de la plaga (90 %) no obstante, esta plaga todavía se encuentra en campo en sus diferentes estadios, por tanto es una posibilidad el rebrote de la misma.

En paralelo a la ejecución del plan de emergencia fitosanitaria, desde las instituciones del MDRyT (SENASAG e INIAF), se ha diseñado otras dos propuestas de programas complementarios entre sí: i) El programa nacional de control de la langosta voladora, propuesta por el SENASAG y ii) El programa nacional de investigación, propuesto por el INIAF. En base a estas propuestas, el Gobierno ha previsto su financiación, bajo una estructura de Ley de Bs 59 millones para el programa nacional de control de la langosta voladora para cinco años.

Respecto al programa de investigación del INIAF, actualmente su busca su financiamiento, no obstante, esta entidad viene desarrollando algunos ensayos específicos como es el estudio de la biología y ecología de la langosta; la evaluación de la capacidad entomocida de productos entomopatógenos tanto nativos e introducidos y finalmente el desarrollo de una estrategia de transferencia y capacitación sobre las alternativas tecnológicas generadas en coordinación con el SENASAG y los municipios afectados.

Impactos ambientales de la emergencia fitosanitaria

Por tratarse de una emergencia fitosanitaria, se ha utilizado únicamente el método químico como medio de control de la plaga, para esto se ha utilizado productos a base de piretroides como son el lambdahalotrina y permetrinas, los cuales son

altamente dañinos que contaminan los suelos y el agua con efectos directos organismos asociados. Estas sustancias al no ser biodegradables y no ser específicos, para las langostas, afectan seriamente a otros tipos de insectos e invertebrados terrestres y acuáticos, así como a varias clases de peces e incluso algunos tipos de aves.

Respecto al uso del fipronil, se viene alertando una posible “crisis de la polinización”, aunque es un tema muy delicado, pero existen razonamientos lógicos sobre el mismo, el INTA (), afirma que este plaguicida es tóxico para las abejas y según Green Peace (2014) afecta a la movilidad de los insectos, incrementa el consumo de agua, deteriora la capacidad olfativa y les reduce la capacidad de aprendizaje, afectando considerablemente el papel crucial de las abejas en la agricultura y producción alimentaria.

Conclusión y recomendación

Bolivia con la voluntad política y el esfuerzo conjunto de las instituciones públicas y privadas, más que el conocimiento y experiencia de sus técnicos, ha logrado controlar la plaga en un 90%, no obstante, en campo todavía se encuentra la plaga en sus diferentes estadios, por tanto, el programa nacional de control de la langosta voladora a ejecutarse por el SENASAG, dará continuidad al trabajo de control en los próximos cinco años. No obstante, la estrategia y los métodos de control, en específico, deben estar en el marco del MIP.

Por la importancia de desarrollar estudios que acompañen los trabajos para el control efectivo de la plaga, queda pendiente el financiamiento y su ejecución de un programa de investigación paralelo y complementario al programa de control.

Queda pendiente el desarrollo de un estudio de impacto ambiental y de esta forma trabajar en

acciones de mitigación a los efectos adversos que podrían producir los residuos de plaguicidas en las zonas afectadas.

Respecto al origen de la plaga en Bolivia, aún no se ha desarrollado trabajos que puedan esclarecer con precisión la misma, por los antecedentes revisados tal parece que la plaga se encuentra en nuestro país desde inicios del siglo pasado.

Existen estudios y/o ensayos que se viene desarrollando en el INIAF y otras instituciones del país, así como también existen trabajos conjuntos abordados con entidades extranjeras y que a corto plazo se espera contar con los resultados que contribuyan con el control de la plaga.

Referencias

- Buratovich, T. (s/a). Langosta una plaga milenaria. Asociación de Museos de la Provincia de Santa Fe Argentina. Trabajos, publicaciones y notas de asesoramiento. Argentina, 29 págs.
- GREENPEACE (2013). El declive de las abejas. Peligrosa para los polinizadores y la agricultura de Europa. Nota técnica de la unidad científica de Greenpeace. Revisión 1/2013. Ámsterdam. 47 págs.
- INTA (s/a). Reconocimiento, Monitoreo y Control de Langostas. Informe Técnico INTA. Argentina. 11 Págs. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-informe_tecnico_reconocimiento_monitoreo_y_control_de_langostas.pdf (Consultado 06/07/2017).
- Pérez R., E. (2011). Plagas de la agricultura en Mendoza: la langosta en los comienzos de la vitivinicultura moderna (1890-1990). Revista de Historia Americana y Argentina. Mendoza. 12 págs. <http://www.scielo.org.ar/pdf/prohist/v16/v16a04.pdf> (Consultado 03/07/2017)
- Estéves A., E. (2017). Langostas arrasan con más de 1500 ha en Santa Cruz y zonas aledañas en

- Chuquisaca y se declara emergencia, El Diario, Bolivia Agraria. (2017). http://www.eldiario.net/noticias/2017/2017_03/nt170309/agraria.php?n=104&-angostas-arrasan-con-mas-de-1500-hectareas-en-santa-cruz-y-zonas-ale. (Consultado 07/07/2017).
- Shanon, P.J. y Arboleda-Sepúlveda, O. (s/a). Las langostas del género *Schistocerca*, nomenclatura, biología y distribución geográfica de las especies migratorias de Centro y Sur América; notas breves y literatura selecta. 53-71 págs. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2471e/A2471e.pdf> (Consultado 07/07/2017).
- SENASAG (2017). Informe técnico preliminar sobre la ejecución del Plan de Emergencia Fitosanitaria para el control de la Langosta Voladora (*Schistocerca gregaria*, Serville 1838).
- SENASAG (2017). Programa nacional de control de la langosta voladora (*Schistocerca gregaria*, Serville 1838) 2017-2020. Documento propuesta.
- SBE (2017). Saltamontes y/o langostas en Bolivia y propuesta de manejo ecológicos de plagas. Boletín de la SBE. Febrero 2017, Serie 1, Número 1. La Paz Bolivia. 2-8 págs. http://sociedadbe.webs.com/BoletinSBE_2017_06_v1.pdf (Consultado el 04/07/2017)
- SBE (2017). Posición de la sociedad boliviana de entomología ante el ataque de langostas. Sociedad Boliviana de Entomología. La Paz – Bolivia. 13 págs.
- Trumper, V.E. (2016). Langosta Voladora (*Schistocerca gregaria*). La voz del interior. INTAEEA. Córdoba – Argentina. 3 págs. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/190-LANGOSTA_VOLADORA.pdf (Consultado 07/07/2017)
- Trumper, V.E. y de la Torre, M.V. (2016). La langosta en la provincia de Córdoba. SENASA Argentina. 5 págs. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_langosta_en_la_provincia_de_cordoba_4-04-2016.pdf. (Consultado 07/07/2017).
- Waloff, Z. y Pedgley, D.E. 1986. Comparative biogeography and biology of the South American locust, *Schistocerca gregaria*, and the South African locust, *S. gregaria* (Orthoptera: Acrididae: a review. Bull.Ent., 76:1-20.-

Proyecto de Innovación y Servicios Agrícolas – PISA

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF

Introducción.

La principal estrategia del Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) que conlleva a las transformaciones y mejoras productivas, está íntimamente ligada con procesos de innovación, de allí la continuidad y mejora institucional de examinar más atentamente la actividad innovadora en Bolivia y el desafío de continuar incrementando nuestros rendimientos en los principales cultivos estratégicos del país, los que a la fecha proyectan menores rendimientos en relación a las producciones del resto de la región, lo que se ha transformado en retos institucionales de escalamiento para llegar a las familias productoras de forma más eficiente, generar y captura tecnológica e innovación orientada al impacto.

En este contexto, el Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia, mediante el Ministerio de Planificación del Desarrollo y la Asociación Internacional de Fomento, en fecha 22 de agosto de 2011, suscribió el Convenio de Crédito N°5003-BO para el financiamiento del Proyecto de Innovación y Servicios Agropecuarios (PISA), aprobado mediante Ley N° 177 de fecha 13 de octubre de 2011, cuyo responsable de su ejecución fue el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal INIAF, operación iniciada el 31 de enero de 2012 al 15 de febrero de 2017, articulado de manera interna y externa con multi actores públicos y privados enmarcados en el modelo del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF).

El diseño del PISA fue resultado de una serie de estudios y acuerdos entre los actores involucrados en su planificación. El objetivo del PISA fue generar innovación agropecuaria y forestal para incrementar la productividad agrícola que contribuya al logro de la soberanía y seguridad alimentaria, fortaleciendo las capacidades del INIAF para coordinar y articular el Sistema Nacional de Innovación

Agropecuaria y Forestal (SNIAF), apoyar la investigación, asistencia técnica y la promoción del uso de semilla de calidad.

Los beneficiarios directos del proyecto fueron el INIAF y los participantes del sistema de innovación agropecuaria y forestal (universidades, otras organizaciones de investigación, sistemas de extensión departamental y municipal, ONG involucradas en extensión agrícola). A largo plazo, el proyecto contribuirá a una mayor producción de alimentos y al bienestar de la población rural. Los componentes del Proyecto fueron definidos de la siguiente manera:

a) Componente 1: Fortalecimiento del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal

El objetivo de este componente fue apoyar la organización del SNIAF para promover la interacción y participación de los diversos actores de la investigación e innovación del sector a través de la promoción de subproyectos colaborativos.

Para lograr este objetivo, se establecieron dos subcomponentes: Desarrollo de políticas, estrategias y gestión del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (SNIAF) y Gestión del Fondo de Investigación.

b) Componente 2: Fortalecimiento de las actividades centrales del INIAF

El objetivo del componente fue fortalecer los programas del INIAF relacionados con investigación, asistencia técnica y la gestión de semillas y recursos genéticos. Contó con cuatro sub componentes:

(a) Fortalecimiento de los Programas de Investigación del INIAF; (b) Fortalecimiento del Sistema Nacional de Asistencia Técnica; (c) Consolidación del Sistema Nacional de Semillas; y (d) Gestión del Sistema Nacional de Recursos Genéticos.

c) Componente 3: Apoyo para el desarrollo institucional del INIAF

El componente 3 tiene el fin de fortalecer la capacidad institucional y organizacional del INIAF. el cual contó con dos sub componentes: (a) Mejorar la capacidad organizacional e interna del INIAF y (b) Desarrollar capacidad externa de liderazgo y colaboración.

d) Componente 4: Gestión del Proyecto

Con el objetivo de apoyar al INIAF en la implementación del PISA, el componente ha sido organizada en dos sub componentes: (a) Sub componente para apoyar al INIAF a implementar el PISA y (b) Sub componente para desarrollar un sistema de información y M&E para el INIAF.

Finalmente, dadas las características y el alcance nacional del fortalecimiento del Sistema de Innovación Agrícola, durante el proceso de implementación del PISA, se consideraron el cumplimiento de las salvaguardas sociales y ambientales, enmarcados en las 10 políticas operacionales del Banco Mundial, enfatizando que las mismas fueron una oportunidad para lograr una mayor calidad y consistencia en el proyecto.

Resultados y discusión

La evaluación del Proyecto planteó que el objetivo de desarrollo sea medido en el marco de los siguientes indicadores:

Las organizaciones bolivianas de asistencia técnica e investigación agropecuarias participan activa-

mente en el SNIAF (lo cual queda reflejado en una asamblea anual con muchos asistentes y en un sitio web funcional).

A través del proyecto PISA, los agricultores bolivianos han empezado a adoptar 20 innovaciones agropecuarias (nuevos sistemas de producción, variedades nuevas, sistemas de certificación para cultivos nuevos, métodos nuevos de procesamiento);

Los participantes en el SNIAF reconocen al INIAF positiva y ampliamente como el instituto líder del sistema.

Las organizaciones bolivianas de asistencia técnica e investigación agropecuarias participan activamente en el SNIAF (lo cual queda reflejado en una asamblea anual con muchos asistentes y en un sitio web que funciona muy bien (INDICADOR 1).

En relación a los objetivos logrados con el SNIAF, destaca un modelo de sistema, la articulación de actores; así como los cuatro (4) encuentros de Innovación – IN NOVARE, que reunió a instituciones nacionales del sector público y privado e Internacionales en Foros de Intercambio de Experiencias.

Estos eventos son la muestra del trabajo del SNIAF como Ente Integrador que coordina con al menos 136 diferentes organizaciones bolivianas de asistencia técnica e investigación incluyendo además a Instituciones formales de Investigación representativas de otros Países (EMBRAPA, INTA, INIAs, PROCISUR, entre otros) y centros de investigación como el CIMMYT, CIP, CIAT, resultados que reflejan la importancia y liderazgo del INIAF en el ámbito nacional e internacional.

A través del proyecto PISA, los agricultores bolivianos han empezado a adoptar 20 innovaciones agropecuarias (nuevos sistemas de producción, variedades nuevas, sistemas de certificación para cultivos nuevos, métodos nuevos de procesamiento).

(INDICADOR 2)

Las evaluaciones del Banco Mundial, han certificado 20 innovaciones adoptadas que han transitado por un proceso completo e integral de la cadena de innovación, considerando aspectos socioeconómicos y un proceso de validación con un número de ciclos pertinentes para su proceso de adopción consistente y en un contexto específico focalizado, teniendo en cuenta las condiciones de sus ecosistemas, capital social, orientación al mercado, grado de mecanización y otros factores críticos que inciden significativamente en dicha adopción y que son muy variables a lo largo y ancho del País; sin embargo el INIAF cuenta con al menos 20 innovaciones adicionales en proceso final de adopción y otras que todavía no han sido sistematizadas, pero que cuentan con alto potencial y demanda de los productores.

Este aspecto también nos permite reflejar la presencia y visibilidad, protagonista y participativa del INIAF, el reconocimiento por parte de los beneficiarios es particularmente aceptado, sobre todo en las iniciativas ejecutadas por los ocho rubros de investigación directamente ejecutados por el INIAF en subproyectos operados por aliados estratégicos.

Los participantes en el SNIAF reconocen al INIAF positiva y ampliamente como el instituto líder del sistema. (INDICADOR 3)

Otro indicador propone al INIAF como líder del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, para lo cual se implementó un conjunto de actividades en base a la concurrencia de al menos 207 actores, entre los que destacan los generadores de conocimiento, proveedores de servicios, y organizaciones productivas, de carácter público, privado o mixto, que operan en los niveles de concertación nacional, departamental y regional y/o local.

Para ello se emplearon flujos de información y tec-

nología entre las instituciones aliadas y el SNIAF, promoviendo la participación diversa de actores de investigación e innovación, resultado logrado en base a estrategias centradas en las temáticas de la implementación en incentivos de colaboración; gestión de la propiedad intelectual, estudios de prospectivas tecnológicas e incentivos para la innovación en los sectores privado y público, esfuerzos apoyados de forma transversal, en base a una estrategia de interacción, comunicación e información; a partir de lo cual se reunió a los mencionados actores en eventos anuales, encuentros de discusión, bases de datos; y un portal en la Web. El 73,82% de las organizaciones agropecuarias e instituciones de investigación y extensión consideran al INIAF como un líder efectivo del sistema de innovación agropecuaria y forestal.

El cumplimiento de estos indicadores, fue evidenciado a través de la evaluación realizada por la Empresa Consultora SOCIOSCOPIO y validada por el trabajo realizado por la Consultora CPDI, como parte del proceso de evaluación final del PISA.

El alcance de los resultados principales del PISA, ha sido posible por medio del cumplimiento de indicadores intermedios, donde a partir de la operación del PISA, las Direcciones *Técnicas* del INIAF, atravesaron por diferentes cambios cuantitativos y cualitativos en el marco de su operatividad, los cuales son descritos a continuación:

Dirección Nacional de Investigación

La Dirección Nacional de Investigación, ha desarrollado 22 variedades y cinco híbridos en cultivos estratégicos, con buenas características de productividad y tolerancia a factores bióticos y abióticos adversos, la implementación, el equipamiento de laboratorios para el análisis de calidad de planta y cuenta con las capacidades instaladas para procesos de investigación, en términos de maquinaria y equipos de campo.

Respecto al Programa Nacional de Recursos Genéticos, se ha logrado la conformación de la Red de Bancos del SNRG (Sistema Nacional de Recursos Genéticos) integrada por 19 instituciones.; en conservación ex situ se tienen 18,603 accesiones conservadas, 66% de accesiones con datos de caracterización fenotípica, se ha adoptado el Sistema GRIN-Global, como un sistema especializado para la documentación y manejo de la información de las colecciones de recursos genéticos.

Dirección Nacional de Asistencia Técnica

De la acciones realizadas por la Dirección Nacional de Asistencia Técnica en los ámbitos de capacitación, sistematización y asistencia técnica, se tiene un total de 36.336 beneficiarios, de los cuales el 34% fueron mujeres y el 66% varones de 193 municipios y 1.505 comunidades en los nueve departamentos del Estado Plurinacional de Bolivia. Los mismos que corresponden a las diferentes líneas de intervención de la DNAT como ser: en asistencia técnica directa 8616 beneficiarios, en asistencia técnica semillera 1332, con los subproyectos de asistencia técnica 6216, en cursos cortos 6699, en cursos modulares 632, con subproyectos de capacitación 4445, y en otros eventos como congresos y simposios a nivel nacional o departamental 8396. Se recopiló 64 experiencias de innovaciones tecnológicas y saberes locales en temas agropecuarios y forestales de manera ordenada, analítica, reflexiva y crítica mediante metodologías participativas y difundió aprendizajes exitosos para su adecuación en otros contextos. Finalmente, se acreditaron a 98 referentes tecnológicos quienes son actores (individuales, institucionales o colectivos) que han desarrollado capacidades tecnológicas o innovaciones para brindar servicios de asistencia técnica y capacitación, tanto en el ámbito formal como en el no formal, en temas agropecuarios y forestales.

Dirección Nacional de Semillas

La Dirección Nacional de Semillas en el marco de

las acciones realizadas, procesos de certificación, fiscalización de semillas y control de comercio, ha logrado el incremento en la certificación de semillas; de 78.691 t en la gestión 2011 a 119.124 t de semilla certificada para la gestión 2015, Se ha ampliado la cobertura de certificación de semillas abarcando al 2015 aproximadamente a 631 Comunidades de 121 municipios con una superficie de 74.450 ha, fortalecimiento las capacidades instaladas en cuatro (4) unidades de acondicionamiento de a través del mejoramiento de la infraestructura y la adquisición de maquinaria requerida, se cuenta con el Sistema de Semillas – SISEM, para la automatización de los servicios de certificación, fiscalización y registro de semillas, en fiscalización de semillas, se tiene un total de 24.428 análisis de semilla, incremento en la fiscalización de semilla importada a 18.471 t, 259 nuevas variedades registras, siete (7) laboratorios fortalecidos con la adquisición de nuevos equipos, dos (2) nuevos laboratorios implementados en los departamentos del Beni y Oruro. Finalmente, en control de comercio de semillas, se cuenta con un manual de procedimiento de control de comercio, cinco (5) normas elaboradas para el control de comercio de semillas y la elaboración de material de promoción y difusión sobre los beneficios del uso de semilla de buena calidad.

En consecuencia, el impacto obtenido consiste en el uso de semilla certificada, en una superficie aproximada de 1,744.796 ha, (56 % de la superficie agrícola en Bolivia con uso de semilla certificada), con 4.500 familias de productores semilleros y 300 organizaciones productoras, haciendo un total de 14.000 familias beneficiarias aproximadamente. Así como el constante Control de Calidad de la semilla (Fiscalización de semillas) especialmente a semilla importada, logrando fiscalizar 19.960 t (18.473 t semilla importada y 1.487 t semilla fiscalizada nacional) a la gestión 2015.

Fondo de Investigación

Con la implementación de 23 subproyectos ejecuta-

dos por el Fondo de Investigación a través de Aliados Estratégicos, se cuenta con 6.700 beneficiarios de asistencia técnica, 8.377 beneficiarios de capacitación, 200 beneficiarios directos del SNIAF, 412 beneficiarios de fortalecimiento Institucional 890 beneficiarios de Investigación, haciendo un total de 16.579 total beneficiarios en los nueve departamentos y 75 municipios del país.

Agradecimiento

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, dependiente del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, expresa su más profundo agradecimiento a:

Todas las productoras y productores a nivel nacional que participaron que en su calidad de beneficiarios y/o colaboradores durante la implementación del Proyecto de Innovación y Servicios Agrícolas.

A las instituciones públicas y/o privadas encargadas de la ejecución de Subproyectos a través de las diferentes alianzas estratégicas en los ámbitos de investigación, asistencia técnica, capacitación y el fondo de investigación, las cuales permitieron alcanzar los resultados comprometidos en el proyecto.

Finalmente, al equipo técnico por su importante aporte y experiencia se puede hablar hoy sobre los resultados obtenidos con el PISA.

Referencias

- INIAF. (2017). Informe de Cierre, Proyecto der Innovación Agrícola y Forestal. La Paz, Bolivia.
- INIAF. (2017). Rendición Inicial de Cuentas INIAF gestión 2017. [Diapositivas de Power Point]
- INIAF. (2017). Memoria Institucional 2016. La Paz, Bolivia
- INIAF. (2016). Informe final Programa Nacional de Maíz, Tarija, Bolivia.
- INIAF. (2016). Informe final Programa Nacional de Arroz, Santa Cruz, Bolivia.
- INIAF. (2016). Informe final Programa Nacional de Trigo, Cochabamba, Bolivia.
- INIAF. (2016). Informe final Programa Nacional de Papa, Chuquisaca, Bolivia.

Investigación estratégica: aplicada y adaptativa

Félix Marza

Durante las décadas de los 50's y 60's, preocupaciones nacionales e internacionales sobre la escasez de alimentos, particularmente en países Asiáticos, condujo a grandes inversiones en las organizaciones públicas de investigación agrícola. El propósito central fue el de elevar la productividad agrícola como medio de aumentar la oferta de alimentos.

En las últimas tres décadas, la agenda de investigación agrícola ha evolucionado significativamente, tanto en términos metodológicos, antes convencional, ahora convencional combinado a lo biotecnológico; así como en el producto, al enfoque inicial de incrementar la producción, se sumaron desafíos respecto a agresivos programas de mejoramiento de la productividad, calidad, tolerancia a factores bióticos y abióticos adversos a consecuencia de escenarios de cambio climático, desertificación de suelos y escases de agua; programas de crianza con propósitos diversos, sistemas de manejo altamente desarrollados, adición del valor agregado y otros.

En un contexto de actividades de los sistemas de investigación agrícola nacionales e internacionales con objetivos estratégicos bien identificados en la integralidad de la investigación y desarrollo

de capacidades en las áreas de frontera del conocimiento, se hace necesario analizar que la ciencia pura no debe monopolizar la investigación y de que el conocimiento científico básico es transferible, aunque no siempre la aplicación de la ciencia a los problemas del mundo real son fácilmente transferibles debido a las diferencias en el entorno económico, político, cultural y natural.

Es importante comprender que, cuando los sectores generadores de conocimiento dedican su atención a la investigación científica, los frutos son cosechados por toda la humanidad. La sociedad puede explotar este conocimiento y lo que es más importante, sin invertir en el mismo.

La investigación aplicada busca generar alternativas tecnológicas a partir de conocimientos adquiridos, se desarrolla en función a su aplicación con o sin mayor refinamiento para los propósitos identificados. La investigación adaptativa capitaliza el conocimiento existente, para ser finalizada y sometida a adopción por los beneficiarios finales, con una utilidad específica para un lugar o país. La investigación adaptativa es relevante para enfoque de sistemas productivos, donde los beneficiarios están involucrados en su implementación.



Figura 1. Estrategia de investigación agropecuaria y forestal en el contexto de un desarrollo sin precedentes del proceso de generación de conocimientos en el área a nivel global. (NARS, National Agriculture Research System, Sistema Nacional de Investigación Agrícola; CGIAR, Consultative Group of International Agricultural Research, Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional; INIAF, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal)

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) en el marco de la perspectiva global no desaprovecha lecciones útiles, mas al contrario capitaliza los avances a través de un enfoque de investigación estratégica vinculado a la necesidad de acceder a avances asumiendo la investigación adaptativa que se centra en la aplicación de la ciencia para el proceso de generación de tecnología agrícola para que el mismo sea adoptada a las condiciones y necesidades particulares de los productores en el país.

Uno de los aspectos que el Instituto también prioriza en su intervención es la participación de los interesados, para ello enfatiza en crear una creciente conciencia de que los componentes institucionales adecuen su accionar al principal cliente a través de un enfoque de investigación participativa. Este último, permite construir confianza de los agricultores en la tecnología, promueve la propiedad de la tecnología por los agricultores, promueve la capacidad de los agricultores para exigir nuevas tecnologías e información, y un empoderamiento.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

REVISTA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL BOLIVIANA -RIAFB

1. Alcance y Política Editorial

La **Revista de Investigación Agropecuaria y Forestal Boliviana - RIAFB**, es un medio de difusión científico-técnico del sector agrícola del país, editada por el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF). Está dirigida a investigadores de las ciencias agronómicas, y a todos aquellos profesionales afines que desarrollan la ciencia y aplican la tecnología para beneficio de la productividad del campo y de los productores agrícolas. El objetivo de la revista es divulgar resultados de investigación en las diversas áreas de la agronomía; por tanto, se aceptan artículos originales e inéditos en: Fitotecnia, Zootecnia, Suelos, Agroecología, y otros relacionados con el área Agrícola.

2. Tipos de manuscritos

Los artículos que se reciben para publicación son:

1. Artículos Originales: El Artículo original presenta los resultados de investigación científica basada en hipótesis teórica o experimental, que significa un aporte original al conocimiento.

El rango aceptable para la configuración del documento es de 3500 hasta de 5000 palabras y como mínimo 15 referencias bibliográficas, o 25 páginas como máximo.

2. Artículo Técnico: Son artículos en las que se deberá retratar avances en teorías, metodologías y técnicas, sin presentación de hipótesis. Cuando se trate de estudio de caso, las conclusiones deben presentar proposiciones. *Contenido:* Título, Autor(es), Resumen, Abstract, Palabras-Clave (Keywords), Introducción, Descripción del Asunto, Conclusiones y Referencias. Máximo 10 páginas.

3. Artículo de Revisión: Son la presentación de un estudio, reuniendo, analizando y discutiendo sobre un asunto de importancia para la Ingeniería Agrícola y Forestal, y basado en amplia búsqueda bibliográfica. *Contenido:* Título, Autor(es), Resumen, Abstract, Palabras-Clave (Keywords), Introducción, Revisión, Conclusiones y Referencias. Incluye ilustraciones (tablas, figuras, fotos). Máximo 20 páginas con un mínimo de 50 referencias bibliográficas.

4. Cartas al Editor: Con esta sección se pretende estimular la interacción entre el comité editorial y los usuarios de la revista. Se espera que sirva de foro de discusión de tópicos de interés tratados en la publicación. Las cartas contendrán un título, un texto, la afiliación institucional del autor, y referencias cuando sea necesario.

5. Comunicaciones Breves: Son “artículos cortos”, presentan los resultados definitivos no publicados o preliminares de una investigación, avances sobre técnicas de diagnóstico o tratamiento u otras observaciones de interés que justifiquen su publicación con mayor rapidez. *Contenido:* Título, Autores y afiliación de los mismos, Introducción, Resultados y discusión, Agradecimientos y Referencias. Extensión máxima de cuatro páginas, dos ilustraciones y hasta 10 referencias bibliográficas.

6. Reseñas de libros: Son artículos cortos donde se presenta un libro que por la importancia del tema que trata resulta de particular interés para los lectores de la revista, su finalidad es ofrecer información a los lectores para que decidan si leen o no el libro, generalmente comienza con la ficha del libro reseñado y después se relacionan los aspectos que trata el libro, es decir, los contenidos, así como el público

al que está dirigido. Extensión máxima: 2 páginas.

7. **Registro varietal:** Reflejan el registro de una variedad pertenecientes a un taxón botánico que 1) define la expresión de caracteres genéticos, 2) distingue cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de al menos uno de tales caracteres, 3) que se propague como tal conjunto sin alteración. El nombre de la variedad está sujeto a normas de taxonomía; y no puede coincidir con el de ninguna otra variedad de la misma especie o de especies vecinas. El registro incluirá el nombre de la variedad, nombre científico, lugar de procedencia, fotografía o esquema de dicha variedad y el nombre del registrante.

3. Forma y preparación del manuscrito

1. **Idiomas:** Los idiomas oficiales de la revista son el español o inglés. El estilo de escritura debe ser absolutamente impersonal, en tiempo gramatical pasado, evitando la conjugación de verbos en primera o tercera persona del singular o el plural.
2. **Estilo:** La composición de los textos, obligatoriamente, deberá sujetarse a las siguientes características:
 - Procesador: MSWord 97.0 – 2003 o posterior
 - Tamaño del papel: Carta (21 x 27.9 cm)
 - Número máximo de planas: 25
 - Espacio de interlineado: doble
 - Tipo de letra para el texto: Times New Román 12
 - Tipo de letra para la cabecera/pie de página: Times New Román 9
 - Márgenes: 2 cm en todos los lados del papel
 - Numerar páginas
 - Numerar las líneas en forma continua
 - Tamaño máximo del archivo: 4.0 Mb
3. **Estructura del artículo:** El artículo debe contener los siguientes apartados: 1. Título en

español e inglés, 2. Autor(es), 3. Filiación Institucional del autor(es), 4. Dirección del autor para correspondencia y correo electrónico, 5. Resumen, 6. Palabras clave, 7. Abstract, 8. Key Word, 9. Introducción, 10. Materiales y métodos, 11. Resultados y discusión, 12. Conclusiones y 13. Referencias relacionadas con el artículo.

- **Cabecera:** Artículo Original, debe aparecer en la cabecera de la primera página en letras mayúsculas, subrayadas, en negrita, centralizadas y con espacio de interlineado de 1.1 cm de margen superior.
- **Título:** Centrado; letras mayúsculas y minúsculas de acuerdo a lo que corresponda, en negrita, evite palabras como: análisis, estudio y evaluación.
- **Autor(es):** Deberá escribirse completo, nombre(s) propio(s) y apellidos en mayúsculas y minúsculas, deben estar centrados, con negrita, y separados por comas. Para evitar confusiones en las bases de datos (ScienceCitationIndex, SciELO, SCOPUS, etc.) y pérdida de citas use primer nombre (sin iniciales), y un apellido para cada autor (cuando un autor tiene dos apellidos use sólo el primero o bien, use guion), incluir superíndice numérico para la identificación de afiliación.

Ejemplo:

Juan Carlos Lucas Aguirre ^{1,*}, José Fernando Vasco Leal ², José Daniel Mosquera–Artamonov ³, Liceth Cuellar–Nuñez ⁴ y Víctor Dumar Quintero Castaño ¹

Indicar el autor que mantendrá correspondencia con el editor y equipo editorial. Evite usar títulos académicos o posiciones institucionales.

- **Afiliaciones.** Deben ir inmediatamente después de los autores, indicando institución (sin abreviaturas), facultad o centro experimental (no incluya laboratorios, cátedras, programas de posgrado, etc.), dirección, ciudad, estado si corresponde, y país.

El autor para correspondencia debe estar identificado con un asterisco (*) y correo electrónico.

Sólo se acepta una afiliación por autor, en el caso de dobles afiliaciones será conservada la primera en importancia por orden de aparición.

Ejemplo:

Juan Carlos Lucas Aguirre ^{1,*}, José Fernando Vasco Leal ², José Daniel Mosquera–Artamonov ³, Liceth Cuellar–Nuñez ⁴ y Víctor Dumar Quintero Castaño ¹

¹Facultad de Ciencias Agroindustriales, Programa de Ingeniería de Alimentos. Universidad del Quindío, Armenia, Colombia. ² División de Investigación y Posgrado. Posgrado de Gestión Tecnológica e Innovación, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México. ³ Posgrado en Ingeniería de Sistemas, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México. ⁴ Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la Republica (PROPAC), Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

* Autor para correspondencia: jlucasaguirre@gmail.com

- **Resumen:** El texto debe ser claro, sucinto y, obligatoriamente, explicar el(los) objetivo(s) pretendido(s), conteniendo máximo 14 líneas (o 200 palabras).

La versión del resumen en Inglés, deberá presentar la siguiente disposición: Título, Abstract y

Keywords.

- **Palabras-clave:** máximo cuatro, no repetir palabras del título escritas en letras minúsculas.
- **Introducción:** Describe en resumen el estado del arte del tema de estudio a investigar, debe formular los problemas abordados, la justificación de la importancia del estudio, para finalizar el(los) objetivo(s) del trabajo. Debe utilizar máximo 50 líneas (o media página), con bibliografía de los últimos

cinco años de textos y revistas científicas con rigurosidad científica.

- **Material y métodos:** Dependiendo de la naturaleza del trabajo, una caracterización del área experimental debe ser insertada, dejando claras las condiciones de clima y espacio geográfico, en que la investigación fue realizada. Cuando los métodos sean estándares, sólo la referencia bastará; caso contrario, es necesario presentar la descripción de los procedimientos utilizados, adaptaciones realizadas, etc. Unidades de medidas y símbolos deben seguir el Sistema Internacional. En el caso de investigaciones puras, este acápite debe ser detallado, citando los autores de las herramientas y los métodos utilizados, buscando la consistencia con otros hallazgos similares.
- **Ecuaciones:** Si la ecuación es simple, describirla en el texto. Si la ecuación es compleja, utilizar el editor de ecuación de MS Word. No incluir ecuaciones en formato de imagen.
- **Resultados y discusión:** Los resultados deben describirse en el texto de forma breve y clara. Recurriendo a tablas y figuras que contribuyan a la contundencia de la explicación. Todas las tablas y figuras se citarán en el texto del artículo, comentando los datos más relevantes, de manera que sea posible comprender lo más importante de los resultados, sin que sea imprescindible consultarlo en el texto y evitando la redundancia. Los resultados se muestran una sola vez, en texto, en tablas o en gráficas. Cada resultado descrito deber ser continuado por una discusión donde se acepta o niega anteriores investigaciones relacionadas, acompañar cada discusión con una referencia bibliográfica actual.
- **Tablas y figuras:** Una figura incluye todo tipo de material no tabular (morfología, algoritmos, histogramas, gráficas, fotografías y mapas). La tabla tiene la ventaja de mostrar mejor los valores numéricos exactos con sus posibles

interrelaciones, mientras que un gráfico expresa mejor la tendencia de los datos o patrones bien definidos.

Tablas: Deben ser numeradas secuencialmente usando numeración arábica y generada con las herramientas “Tabla” de MS Word. Manuscritos conteniendo tablas pegadas como imágenes serán devueltas a los autores.

- Enumere las tablas secuencialmente usando numeración arábica.
- Los títulos de las tablas deben aparecer inmediatamente encima del cuerpo de las tablas.

- El fondo de las celdas deben mantenerse sin colores y los textos en negro (no en colores).
- Solo utilizar líneas simples horizontales para separar las filas, no utilizar líneas verticales en ningún caso.
- La Nota al pie de la tabla será incluida en el caso de explicar algún detalle de las variables o datos presentados.

Ejemplo:

Figuras:

Tabla 3

Promedio Numérico de Respuestas Correctas de Niños por Género, Entrenamiento, Grado y Tipo de Prueba

Género	Entrenamiento	Prueba Oral				Prueba matemática			
		Número de niños ¹	Grado			Número de niños ¹	Grado		
			3 ^a	4 ^a	5 ^a		3 ^a	4 ^a	5 ^a
Niñas	Con	18	280	297	301	20	201	214	221
	Sin	19	240	240	260	17	189	194	216
Niños	Con	19	281	281	306	19	210	256	239
	Sin	20	232	232	221	18	199	210	213

Nota. El resultado máximo es de 320. Fuente: Sabadini, A.A.Z.P., Sampaio, M.I.C., & Koller, S.II. (2009). *Publicar en psicología: un enfoque para a revista científica* (p175). São Paulo: Paulo Associação Brasileira de Editores Científicos de Psicologia/Instituto de Psicologia da Universidad de São Paulo.

El Número total de niños terminaron todas las pruebas es 20

Una niña de este grupo respondió correctamente a apenas dos preguntas.

- Las figuras deben ser generadas usando procesadores de gráficos científicos como Sigma Plot, R, o en su defecto MS Excel.
- Las figuras deben ser presentadas como documento independiente TIFF o PNG con al menos 300 DPI de resolución.
- Enumere las figuras secuencialmente de acuerdo al orden que aparecen en el texto.
- Las figuras deben proporcionar información suficiente para que el lector las entienda sin necesidad de referirse al texto.
- Para las figuras que contienen más de un panel, designar los paneles con letras
- mayúsculas (sin paréntesis y sin puntos después

de las letras) en la esquina superior izquierda, si es posible.

- Las palabras utilizadas en las figuras deben ser iguales a las utilizadas en el manuscrito
- en lo que se refiere a mayúsculas, itálica y símbolos.
- Los títulos de las figuras deben aparecer inmediatamente debajo del cuerpo de la figura.
- Las figuras no deben estar enmarcadas con líneas en los bordes ni colocar fondos de colores.

Ejemplo:

- **Conclusiones:** Deben basarse exclusivamente

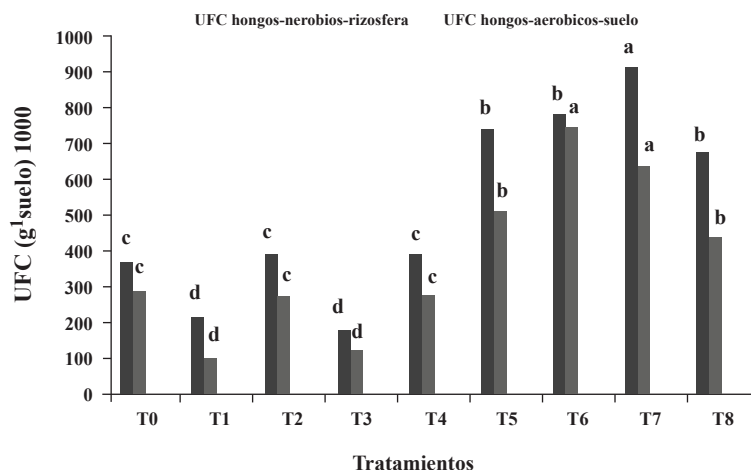


Figura 1. Unidades formadoras de colonia UFC g¹ de suelo, de hongos aerobicos aislados del suelo y de la rizosfera asociadas a ocho estrategias de manejo de la marchitez del aguacate (*P. cinamomi* RANDS). T0: control (plantas enfermas=). T1: Ridomil Gold® (metalaxy1+mancozed). T2: Agrifos® (fosfito de potasio). T3: T1 y T2. T4: silicato de potasio (20.5% SiO₂ 8.0% K₂O) T5 mantillo orgánico T6: sustrato compostado. T7: T4+T5+T6. T8: T1+T2+T4+T5+T6. El valor de cada columna representa el promedio de cinco repeticiones, letras distintas en las columnas de un mismo color significan diferencias estadísticas entre los tratamientos para cada grupo de microorganismos obtenidos de la rizosfera o del suelo, evaluados mediante la prueba de Tukey ($P < 0.01$).

en los resultados del trabajo. Evitar en la redacción la repetición de los resultados en listado subsecuente, buscando sí, confrontar lo que se obtuvo, con los objetivos inicialmente establecidos, o respondiendo las hipótesis planteadas. Las conclusiones deben escribirse facilitando la interpretación del artículo, sin necesidad de consultar otros ítems del mismo.

- **Agradecimiento(s):** Insertar tras las conclusiones, de manera sucinta. Especificar el origen del trabajo, financiamiento y/o la entidad en la que se realizó.
- **Referencias:** Incluir las mencionadas en el texto, en las tablas y las figuras, apareciendo en orden alfabético de acuerdo a las normas APA (6^{ta} Edición). Evitar citaciones de resúmenes, trabajos no publicados y comunicación personal.

Por lo menos el 70% de las referencias deben ser de los últimos cinco años y el 70% de artículos de revistas científicas.

■ Libro con autor

Apellido, Nombre. (Año). *Título*. Ciudad, País: Editorial.

Villalobos, Francisco. (2014). *Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción*. Madrid, España: Debate.

Nota: el título debe ir en cursiva

■ Libro con editor – capítulos escritos por varios autores

Apellido, A. A. (Ed.). (Año). *Título*. Ciudad, País: Editorial.

Reinoso, Ivan. (Ed.). (2007). *Manual agrícola de leguminosas: cultivos y costos de producción*. Buenos Aires, Argentina: Quipus

■ Libro en versión electrónica Online

Apellido, A. A. (Año). *Título*. Recuperado de <http://www.xxxxxx.xxx>

Benites Jump, José Ramiro. (2014). *Agricultura, de conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales*. Recuperado de http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/pdf_cpc/LIBRO_AGROBANCO.pdf

■ Forma básica artículo científico

Apellido, A. A., Apellido, B. B., y Apellido, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen (número), pp-pp.

Ochoa Martínez, Claudia Isabel. (2016). Red neuronal artificial en respuesta a predicciones de parámetros de transferencia de masa (pérdida de humedad y ganancia de sólidos) durante la deshidratación osmótica de frutas. *Acta Agronómica*, 65(4), 318-325. <https://dx.doi.org/10.15446/acag.v65n4.50382>

■ Artículo con DOI

Apellido, A. A., Apellido, B. B., y Apellidos, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen(número), pp-pp. doi: xx.xxxxxxx

Delgadillo, J, González, H, & Uribe, (2016). Genetic-economic comparison of New Zealand Holstein and Jersey-New Zealand Holstein cross under a pastoral scheme in southern Chile. *Archivos de medicina veterinaria*, 48(3), 261-

267. <https://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X2016000300003>

■ Artículo sin DOI Artículo impreso

Apellido, A. A. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen(número), pp-pp. Fields, D. (2007). Más allá de la teoría neuronal. *Mente y Cerebro*, (24), 12-17.

Cortés-Rojas, María Elena, Mesa-Torres, Paola Andrea, Grijalba-Rativa, Carlos Mario, & Pérez-Trujillo, María Mercedes. (2016). Yield and fruit quality of the blueberry cultivars Biloxi and Sharpblue in Guasca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 33-41.

■ Artículo online

Apellido, A. A. (Año). Título del artículo. *Nombre de la revista*, volumen(número), pp-pp. Recuperado de <https://www.xxx.xxx>

Carvajal Saravia, R; (2011). La quinua y la necesidad de realizar investigación agroambiental. *T'inkazos. Revista Boliviana de Ciencias Sociales*, () Recuperado de <http://148.215.2.10/articulo.oa?id=426141573011>

■ Simposios y conferencias

Autor, A., & Autor, A. (Fecha). Título de la ponencia. En A. Apellido del presidente del congreso (Presidencia), *Título del simposio o congreso*. Simposio o conferencia llevada a cabo en el congreso Nombre de la organización, Lugar.

Soto, Susana. (Junio de 2016). Didácticas especiales para el trabajo de procesos cognoscitivos lingüísticos en la Ciencia. En H. Castillo (Presidencia), *El psicoanálisis en Latinoamérica*. Simposio llevado a cabo en el XXXIII Congreso Iberoamericano de Psicología, Medellín, Colombia.

■ Tesis y trabajos de grado

Autor, A., & Autor, A. (Año). *Título de la tesis* (Tesis de pregrado, maestría o doctoral).

Nombre de la institución, Lugar.

Ibarra López, Elizabeth. (2016). *Evaluación de cepas bacterianas resistentes a metales pesados en la zona del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato con potencial biorremediador*(tesis doctoral). Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.

- **Abreviaturas:** Las abreviaturas se deben escribir la(s) palabra(s) o términos completos primero, y a continuación, la abreviatura en mayúsculas entre paréntesis. Según el estudio, si presenta muchas abreviaciones, incluir las mismas en una tabla específica de abreviaciones.

Ejemplo, “Los plásmidos bacterianos, por ser moléculas de tamaño mediano de Acido Desoxirribonucleico (ADN) que se replican autónomamente, resultan modelos prometedores para estudiar la replicación del ADN y su control”.

- **Unidades de medida:** Las unidades de medida que se utilizarán abreviadas deben coincidir con el sistema internacional (SI). La separación de decimales debe ser con puntos, no con comas.
4. **Envío de manuscritos:** El artículo debe ser enviado mediante el sistema editorial electrónico de publicaciones Open Journal System – OJS de la revista <http://www.RIAFB.com>; el autor debe registrarse en el formulario donde obtendrá un nombre de usuario y contraseña, ingresar al sistema, calificar el artículo según el tipo al cual corresponde (artículo original, artículo de revisión, cartas al editor, etc), e ingresarlo con el detalle que el sistema OJS le solicita..
 5. **Recepción del manuscrito:** Se realizará el cálculo del número de páginas del artículo y los caracteres del manuscrito; los caracteres incluyen las letras y los espacios en blanco. Si se trabajó con el procesador de texto Word utilizar la herramienta de conteo de páginas y palabras.
 6. **Carta de presentación:** El contenido de la carta debe presentar garantía de que el artículo es original, que no fue publicado anteriormente y que no está siendo considerado para publicación en su forma final en otra revista, lugar, tanto por medios impresos como electrónicos. El autor correspondiente debe

firmar la carta de presentación en nombre de todos los autores. La carta debe ser subida como archivo separado, en el área designada para tal en la página de envío del sistema.

- **Unidades de medida:** Las unidades de medida que se utilizarán abreviadas deben coincidir con el sistema internacional (SI). La separación de decimales debe ser con puntos, no con comas.
4. **Envío de manuscritos:** El artículo debe ser enviado mediante el sistema editorial electrónico de publicaciones Open Journal System – OJS de la revista <http://www.RIAFB.com>; el autor debe registrarse en el formulario donde obtendrá un nombre de usuario y contraseña, ingresar al sistema, calificar el artículo según el tipo al cual corresponde (artículo original, artículo de revisión, cartas al editor, etc), e ingresarlo con el detalle que el sistema OJS le solicita..
 5. **Recepción del manuscrito:** Se realizará el cálculo del número de páginas del artículo y los caracteres del manuscrito; los caracteres incluyen las letras y los espacios en blanco. Si se trabajó con el procesador de texto Word utilizar la herramienta de conteo de páginas y palabras.
 6. **Carta de presentación:** El contenido de la carta debe presentar garantía de que el artículo es original, que no fue publicado anteriormente y que no está siendo considerado para publicación en su forma final en otra revista, lugar, tanto por medios impresos como electrónicos. El autor correspondiente debe firmar la carta de presentación en nombre de todos los autores. La carta debe ser subida como archivo separado, en el área designada para tal en la página de envío del sistema.

Teléfonos y Fax 591-2-2441153/2-2441608/2-2113629
www.iniaf.gob.bo - contacto@iniaf.gob.bo
Casilla Postal 4793
Calle Batallón Colorados Nro. 24
Edificio El Cóndor – Piso 16

La Paz – Bolivia