

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

²Voluntaria 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.

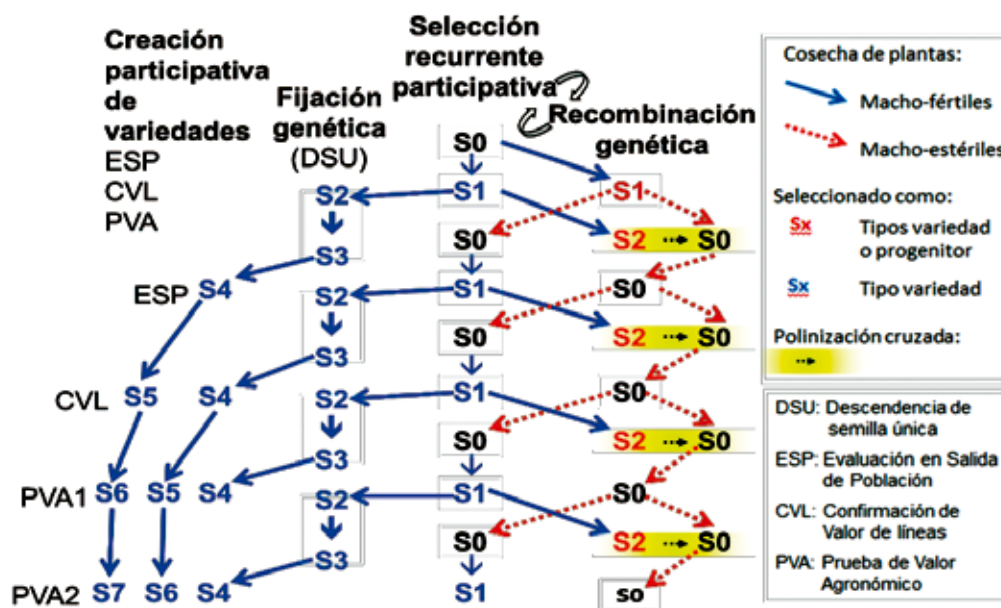


Figura 1. Esquema general de mejoramiento poblacional y de creación participativa de variedades.

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 Piricularia (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 Internationale 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, Corandño, 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*, *Helminthosporium*, 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*, *Helminthosporium*, 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 (SNI AF) <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 Arrocero 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 Caucaña 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.