

Logros recientes del Proyecto Nacional de Mejoramiento Genético de Arroz (PNMGA)

Marco Acevedo^{1*}

Rosa Álvarez²

Orlando Torres³

Edicta Reyes²

Orlando Moreno²

Lenin Landaeta⁴

Edith Hernández⁵

Neida Ramos⁶

Reinaldo Méndez⁷

¹Investigador. INIA-CENIAP Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuaria, Maracay estado-Aragua

²Investigadores, ³Personal Técnico y ⁴Técnico Asociado Investigación. INIA-Portuguesa. Carretera Araure Barquisimeto, Km 5, Araure estado Portuguesa, Venezuela.

³Investigador, y ⁷Técnico Asociado Investigación INIA-Barinas. Carretera Barinas Toruno Km 3, estado Barinas.

⁴ Técnico. INIA Guárico. Carretera Calabozo San Fernando Apure km 28, estado Guárico.

*Correo electrónico: macevedo@inia.gob.ve

En Venezuela en el año 2013 se sembraron aproximadamente 237.440 hectáreas de arroz, con una producción anual de más de 1.005.000 toneladas, según Fedeagro, 2014. Las principales zonas arroceras se encuentran en la región de los llanos Centrales, (Estado Guárico) y en la región de los llanos Centro-Occidentales (Estados Barinas, Cojedes y Portuguesa). Según, Benacchio y Avilán (1991) en el país existen alrededor de 2.425.000 hectáreas aptas para el cultivo de estas 1.016.000 hectáreas se considerarían prioritaria para el cultivo del arroz.

En el país, existen dos épocas comerciales de producción claramente definidas durante el año. La siembra del período de lluvias o “invierno” que va de mayo a octubre y la del período riego o “verano” que va de noviembre a abril. En ambas épocas, el arroz se cultiva bajo el sistema con riego, bien sea utilizando como fuente de agua pozos profundos, fuentes naturales de agua o sistemas de riego con embalses.

Particularmente, los primeros trabajos de mejoramiento genético de arroz se iniciaron en 1943, con la recomendación de la variedad ‘Zenith’ por parte del Ministerio de Agricultura Cría, variedad introducida de Estados Unidos a partir de una selección realizada en la variedad ‘Blue Rose’. Desde entonces, se ha continuado con los programas de hibridación, evaluación y selección de líneas, liberando cultivares que en mayor o menor grado se han adaptado a las distintas condiciones y sistemas de siembra del país (Torres *et al.*, 2006).

Cabe destacar que para el período 1975-1999 los cultivares más utilizados fueron ‘Cimarrón’, ‘Fonaiap 1’, ‘Araure IV’, ‘Araure I’ y ‘Palmar’, todos

liberados por sector público. Según, el Servicio Nacional Semilla (SENASA) las variedades más utilizadas en lapso 2000-2013 fueron ‘Fedearroz 50’ (Aproscello), ‘Cimarrón’, ‘Fonaiap 1’, ‘D-Sativa’ (Fundación DANAC) y ‘Venezuela 21’ (Convenio INIA-FUNDARROZ), llegando en el 2007, ‘D-Sativa’ a ocupar el 45% del área sembrada (70.000 hectáreas) mientras que ‘Venezuela 21’ participa con 29% (44.000 hectáreas), en Guárico alrededor del 80% del área sembrada utilizó este último material. En el año 2013 ‘SD-20A’ (Fundación DANAC-SEHIVECA) y ‘Venezuela 21’ fueron las más importantes.

Existen varios estudios diagnósticos del cultivo de arroz en Venezuela, destacando el de Martínez (1998) y el MPPCT (2012); ambos determinan que dentro de las limitantes que inciden en la producción de este cereal se encuentran: la poca disponibilidad de nuevos cultivares con alta productividad, tolerante a las principales limitantes bióticas y abióticas, además aspectos agronómicos como la deficiencia en la preparación del suelo, manejo inadecuado en el uso de fertilizantes, del agua de riego, daños de vertebrados plagas, entre otros.

Por lo anteriormente expuesto puede concluirse que para mantener el aumento de la productividad atendiendo el crecimiento de la demanda en el cultivo del arroz en Venezuela, es necesario desarrollar nuevos cultivares de arroz con mayor potencial de rendimiento, adaptados a las condiciones de la época de siembra, con excelente rendimiento de granos entero, con tolerancia al acame, resistencia a piricularia (enfermedad fungosa), hoja blanca (enfermedad viral) y tolerancia a enfermedades secundarias, con resistencia a sogata (insecto trasmisor de virus hoja blanca).

Para alcanzar el objetivo antes señalado, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) conjuntamente con la Fundación Nacional del Arroz (FUNDARROZ), Fondo Latinoamericano y del Caribe para Arroz con Riego (FLAR) y Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) desde el año 1997, ejecutan el Proyecto Nacional de Mejoramiento Genético Arroz (PNMGA) bajo el título “*Obtención de cultivares de arroz adaptados a las principales zonas de producción de Venezuela*”.

El PNMGA en la actualidad se maneja bajo el convenio INIA-FUNDARROZ y durante el lapso 1997 al 2013 ha desarrollado los cultivares ‘Fundarroz PN-1’ (2000), ‘Venezuela 21’ (2003), ‘Araure 50’ (2005) ‘Centaurio’ (2007) ‘Venezuela 200’ (2010) y ‘Soberana FI’ (2012).

Estrategias para desarrollo cultivares en el PNMGA

Enfocada en dos grandes etapas: la **primera** involucra desde la selección de los progenitores (caracterización), hibridación o cruces hasta la obtención de líneas generación F_5 ; esta etapa es realizada en el FLAR Colombia con un importante peso del “Proyecto Nacional INIA de Venezuela” en la caracterización y recomendación de progenitores. La **segunda**, basada en el desarrollo de líneas elites adaptada al país con potencial de ser liberada como nuevo cultivar. Caracterizando la adaptación de estos materiales a través de la implementación de una red de ensayos de rendimiento en las regiones arroceras de importancia en el país (Fotos 1, 2 y 3; Figura).



Foto 1. Ensayo de introducción.



Foto 2. Ensayo de rendimiento II.



Foto 3. Ensayo de semi-comerciales.

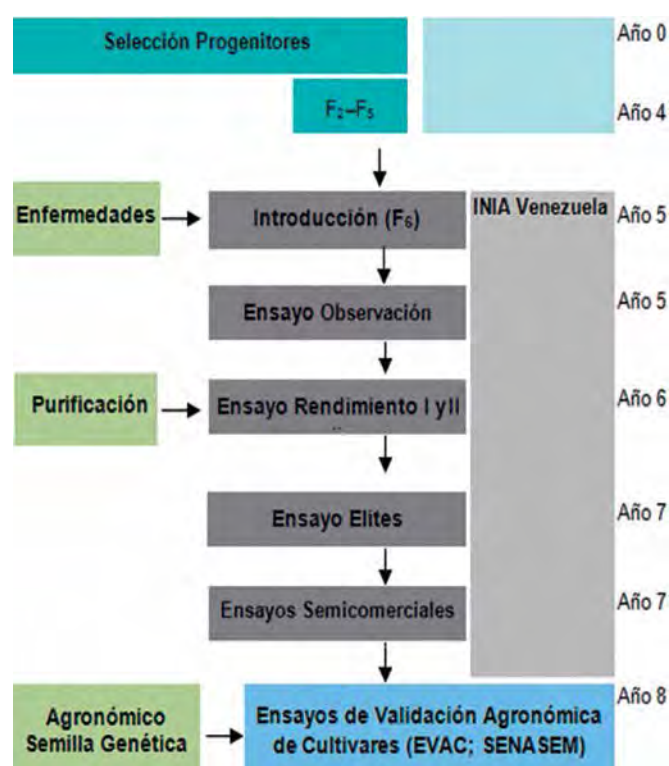


Figura. Esquema simplificado de trabajo PNMGA.

En las primeras cuatro generaciones en Colombia se utiliza el método de mejoramiento genético pedigrí o genealógico, por ser este el método más común y exitoso en los programas de mejoramiento del Instituto Internacional de Investigaciones en Arroz en Filipinas (siglas en inglés IRRI) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical Colombia (CIAT), mientras que en la segunda etapa (Venezuela) el más usado fue el pedigrí modificado para desarrollar líneas elites. El método pedigrí modificado, así como el mantenimiento y producción de la semilla genética con el fin de preservar la identidad y pureza, se utilizó el protocolo señalado por Acevedo et al. (1998) y Torres et al. (2006 b; Foto 4).



Foto 4. Multiplicación semilla Genética.

Resultados Preliminares por ensayo del PNMGA

En el Cuadro 1, de manera resumida para el 2013 se presentan el número de materiales considerado en los diferentes ensayos, es evidente que el mayor número de líneas se ubica en los primeros ensayos y que producto del desempeño de los mismos en los diferentes estados (regiones), ciclo de evaluación (lluvia vs riego), así como en las variables respuestas (morfológicas y fisiológica) se van haciendo las selecciones de los distinto germoplasma.

Las variables respuestas consideradas de mayor importancia económica durante la selección son: (a) agronómicas (rendimiento de granos y arquitectura de planta), (b) reacción a las plagas principalmente (hoja blanca, sogata, piricularia, helminthosporium y complejo de hongo manchado de grano) y (c) calidad de grano (rendimiento de granos entero, yeso, panza blanca y amilosa), los procedimientos y etapa de evaluación están detalladas en el Sistema de Evaluación Estándar del Arroz, (IRRI-CIAT, 2002).

Cuadro 1. Materiales considerados por ensayo durante 2013 en PNMGA.

Ensayo	Número Materiales
Introducción F ₅	500
Observación	45
Rendimiento I	15
Rendimiento II	26
Elites	15
EVAC	3

Fuente: Informe consolidado de Investigación & Desarrollo del Proyecto, 2013.

Producto de la aplicación de las estrategias de mejoramiento genético y agronómico como productos intermedios se obtendrán líneas elites, la cual se caracteriza por presentar desempeño sobresaliente para el conjunto de variables en los diferentes ensayos.

En el Cuadro 2 se presentan las líneas elites desarrolladas en PNMGA y algunos caracteres agronómicos de mayor relevancia económica, así mismo se compara con las cultivares 'SD-20A', 'Venezuela 21' y 'Soberana FL' (testigos comerciales). Los datos provienen de ensayos semi-comerciales de los estados Guárico y Barinas. No fue considerada la localidad de estado Portuguesa en razón que el ensayo fue sembrado fuera de época y estuvo afectado por vertebrados plagas (principalmente patos). En Guárico, el mejor testigo resultó 'SD-20A', sin embargo dos líneas 'PN09I049' y 'PN09I050' lo superaron en 7% y 15%, respectivamente. No obstante, 6 líneas (50% de los materiales evaluados) superaron el promedio del ensayo que se ubicó en 6.474 kilogramos por hectáreas, siendo este promedio superior al rendimiento de granos nacional para el 2013 en 35%, según Fedeaagro (2014). En Barinas 3 líneas (25%) 'PN07V010', 'PN09I050' y 'PN08I017' superaron al mejor testigo que resultó 'Venezuela 21' con 6.274 kilogramos por hectáreas¹. Sin embargo, en Guárico los materiales experimentales y testigo expresaron mejor su potencial de rendimiento de granos.

En otro orden de idea, los testigos fueron más precoces en 3 días que las líneas, considerándose tal diferencia no significativa; al igual para la altura de planta.

Cuadro 2. Ensayo de líneas Elites, variable agronómica, año 2013.

TRAT	CODIGO	Acame (Lg)	FI 50%	Ht (cm)	Rend kg/ha Guárico	Rend kg/ha Barinas
1	PN09I050	1	90	97	7403	6650
2	PN08I018	1	88	92	5042	4700
3	PN04I051	1	88	89	6711	4752
4	PN07V010	1	90	99	6705	7511
5	PN08I025	1	88	102	5623	6226
6	PN08I017	1	90	92	5773	6582
7	PN09I049	5	94	95	8170	6425
8	PN01B037	1	97	98	6305	5455
9	VENEZUELA 21 (T)	5	88	98	6458	6274
10	SD-20A (T)	3	90	102	6921	5749
11	PN06V006	1	92	101	5293	5478
12	PN06V007	7	85	99	6574	-
13	PN04I050	1	86	98	6389	-
14	PN09I052	7	82	96	6858	5790
15	SOBERANA FI (T)	1	80	90	6883	-
Promedio Ensayo			89	97	6474	5932
Promedio Testigos			86	97	6754	6012
Máximo			97	102	8170	7511
Mínimo			80	89	5042	4700

Un carácter genético de alta importancia económica lo representa el volcamiento o acame, la cual está altamente afectado por el manejo agronómico empleado (dosis de nitrógeno, lámina de riego entre otros). El material más tolerante (escala 1) resultó la variedad 'Soberana FI' y los más susceptibles fueron 'PN06V007' y 'PN09I052' con escala 7.

Líneas Inscritas en Ensayos de Validación Agronómica de Cultivares (EVAC)

En los ensayos de validación de cultivares coordinado por el SENASEM, el PNMGA posee 3 potenciales nuevos cultivares, como se muestra en el Cuadro 3, a continuación:

Cuadro 3. Potenciales nuevos cultivares de arroz con riego en Venezuela.

Materiales (Código)	Ciclos t/ha			
	Riego 2011-2012	Lluvia 2012	Riego 2012-2013	Lluvia 2013
PN07V010	A	A	A	A
PN09I051	-	-	A	A
PN13I094	-	-	-	A

A: Aprobado

Producto más reciente del PNMGA

El nuevo producto desarrollado por el PNMGA es el material identificado con el código experimental PN04I050 y cuyo nombre comercial es "Soberana FI", validado durante el lapso 2010 al 2012 en los ensayos EVAC y autorizado para la multiplicación y comercialización de semilla a nivel nacional.

Glosario

Acame: también conocida como volcamiento y consiste en la inclinación del tallo sobre el superficie hasta doblarse contra el suelo; generalmente se presenta en la maduración cuando aumenta el peso de los granos. También está asociado con el deficiente anclaje de la planta por defecto en el desarrollo de las raíces.

Autofecundación: proceso de reproducción sexual donde los gametos masculinos (polen) de un individuo se fecundan con los óvulos del mismo individuo.

Cultivar: cualquier material vegetal que llega al productor con fines comerciales y que se ha obtenido como resultado del proceso de selección.

Enfermedad fungosa: daño infeccioso producido por hongos microscópicos patógenos, que puede ser superficial o en órganos internos.

Enfermedad viral: daño infeccioso producido por un virus. Mientras que virus se conoce como microorganismo compuesto de material genético protegido por un envoltorio proteico.

Gen: en una región del ADN que codifica en la síntesis de una proteína esencial.

Generación F_5 : se refiere a la quinta generación obtenida por autofecundación o hibridación de las plantas F_4 .

Germoplasma: se refiere a todos aquellos materiales genéticos cultivados o silvestres de una misma especie o de especies afines, adaptados o no, potencialmente útiles como fuente de genes valiosos.

Hibridación: mecanismos de generación de nuevos organismos vegetales que se produce por el cruce reproductivo entre dos o más individuos distintos.

Líneas: es la descendencia de uno o más individuos de constitución genética idéntica, obtenido por autofecundación.

Líneas elites: individuos de constitución genética idéntica con características agronómicas superiores.

Método pedigrí: método de mejoramiento que consiste en seleccionar en cada generación filiar (F), las mejores plantas presentes en las mejores familias y luego sembrar su descendencia por separado. Utilizado con eficiencia en características genéticas dominadas por pocos genes.

Piricularia: principal enfermedad fungosa que afecta al arroz en el mundo, causada por *Magnaporthe grisea*.

Progenitores: organismos que dan origen a los primeros individuos de un cruce (padres).

Semilla: desde el punto de vista botánico es la parte del fruto que contiene el embrión en estado latente y proviene del desarrollo del ovulo (vegetal) después de la fecundación. Desde el punto de vista agronómico se refiere a cualquiera estructura vege-

tal que permite su propagación y que proviene o no del proceso de mejoramiento genético.

SENASEM: Servicio Nacional de semilla, creado en el año 1986 mediante resolución N° MAC-159, con los objetivos: ejecución técnica de los registros de Cultivares Protegibles y Elegibles y de asesoramiento técnico (Validación Agronómica de Cultivares, Verificación de Calidad, Semillas Agámicas y Asuntos legales).

Sogata: nombre vulgar del insecto *Tagosodes orizicolus*, que puede encontrarse sobre plantas de arroz en diferentes estados de desarrollo alimentándose y es el vector de la enfermedad hoja blanca.

Variedad: tipo de cultivar y se define como conjunto de plantas genéticamente uniforme.

Virus hoja blanca: enfermedad de la hoja del arroz, causada por el virus de la hoja blanca transmitido a las plantas por el insecto *Tagosodes orizicolus*.

Bibliografía consultada

- Acevedo M., J. Parra., G. Rico y H. Agrinzones. 1998. Técnicas de producción de semilla de arroz clase genética en el CIAE-Guárico. Fonaiap Divulga. Nro 60. julio-diciembre. (En línea). Consultado 04 de sept. 2014. Disponible http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd60/arroz.html.
- Benacchio, S. y W. Avilán. 1991. Zonificación Agroecológica del cultivo del Arroz en Venezuela. Fondo de Investigaciones Agropecuarias – FONAIAP p. 15
- FEDEAGRO. 2014. *Producción de arroz en Venezuela. (En línea). Consultado 04 sept. 2014. Disponible <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>.*
- IRRI-CIAT. 2002. Sistema de evaluación estándar de arroz. Cali Colombia. 178 p
- Martínez P. 1998. Situación del cultivo del arroz en Venezuela. Fundación Polar, primera edición, Pag. 39.
- Torres, O., M. Salazar, M. Navas, R. Álvarez, E. Reyes, O. Moreno, N. Delgado, G. Torrealba, M. Acevedo y W. Castrillo. 2006a. Mejoramiento genético de arroz en Venezuela: resumen histórico, INIA Divulga 8 (mayo-agosto), pág.(s): 11-14.
- Torres, O., M. Salazar, M. Navas, R. Álvarez, E. Reyes, O. Moreno, N. Delgado, G. Torrealba, M. Acevedo y W. Castrillo. 2006b. Metodología para la obtención, mantenimiento y producción de semilla de arroz clase genética. INIA-Divulga 9: 14-16, septiembre-diciembre.