

Tecnología de arroz híbrido en Venezuela

Marco Acevedo^{1*}
Lenin Landaeta²
Betsaida Soubllette²

¹INIA-CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola,
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay estado Aragua.
²INIA. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola del Estado Guárico; Calabozo, estado Guárico.
*Correo electrónico: maab.arroz@gmail.com.

En el mundo desde el punto de vista económico existen solo dos especies cultivadas de arroz, *Oryza sativa* L. y *Oryza glaberrima* L. Este cereal constituye la principal fuente de energía a nivel mundial. Al respecto, la FAO 2015, estima que para mantener el actual ritmo de crecimiento de la población, la producción mundial anual de arroz paddy en área cosechada deberá incrementarse de 162 a 164 millones de hectáreas desde el 2015 al 2030, mientras que el rendimiento de granos pasaría de 4,2 a 4,7 toneladas por hectáreas en ese mismo período. Los países en desarrollo, representarán aproximadamente 70% del crecimiento en la producción hasta el año 2030. Sin embargo, muchas naciones de Asia, no dispondrán de nuevas tierras para incrementar la producción y por lo tanto, la mayor demanda de arroz deberá ser sustentada en el aumento del rendimiento de granos entre otros factores.

Entre los principales aporte del mejoramiento genético al cultivo a nivel mundial se encuentra, las variedades enanas o semi-enanas desarrolladas en la década de los 60, y en segundo lugar, la tecnología del arroz híbrido en los 70, ambas en Asia. Dichas innovaciones han impactado significativamente al incremento del área de siembra y rendimiento del cultivo en el mundo.

El desarrollo de la tecnología del arroz híbrido busca explotar comercialmente el vigor híbrido o heterosis. Los primeros trabajos se materializaron en la década de los 70 en China, bajo la coordinación del científico Yuan Longping, para la década de los 80, ya la superficie cultivada con esta tecnología, se había expandido a casi la mitad del área arrocería en China. El vigor híbrido definido como la superioridad del híbrido F_1 sobre sus progenitores o sobre el progenitor más productivo e incluso sobre la variedad convencional testigo más usada comercialmente, constituyen los conceptos de heterosis parental, heterobeltiosis y heterosis estándar, respectivamente, siendo este último el más útil desde el punto de vista práctico (Longping y Xi-Qin, 2001).

Al respecto, Torres (2014), señala que los híbridos de arroz han sido una tecnología muy beneficiosa desde el punto de vista económico en Asia principalmente en China, además, de permitir un mercado de semilla híbrida muy dinámico y competitivo. Es así como que para el año 2008, el área de siembra fue de 18,6 millones de hectáreas (63% del total); el rendimiento promedio de los híbridos fue 30% superior al de las variedades convencionales, incrementando la producción hasta un 44%.

El mismo autor sostiene que en los Estados Unidos de América, el desarrollo de híbridos también ha sido exitoso desde el 2000 y el mismo se ha basado en la tecnología China, con la innovación en tres aspectos: a) adaptabilidad del germoplasma asiático, reacción a plagas y calidad de grano; b) producción de semilla mecanizada y c) introducción de genes con resistencia a herbicidas. Sin embargo, la principal limitante de los híbridos en los EE UU está basada en la calidad de grano.

En América Latina los primeros intentos en tecnología de híbridos de arroz, comenzaron en la década de los 80 con el esfuerzo conjunto de EMBRAPA-CIRAD en Brasil y FEDEARROZ en Colombia. Actualmente, en Brasil, Uruguay y Argentina se siembran híbridos desarrollados por EMBRAPA y la empresa privada, principalmente RiceTec (Norte Americana). No obstante, el área sembrada es inferior al 3%, lo cual se considera muy bajo para el potencial existente en la región (Eduardo Graterol y Edgar Torres, 2016, comunicación personal). Entre las limitantes están: la calidad de grano, específicamente en la apariencia del grano, rendimiento de grano entero y contenido de amilosa. Adicionalmente, los híbridos comercialmente no presentan rendimientos de granos significativamente superiores a las variedades convencionales (Torres 2014 y Fondo Latinoamericano y del Caribe de Arroz con Riego, FLAR 2014).

En Venezuela el trabajo con híbridos de arroz se inicia en la década del 2000 en alianza estratégica

entre la Academia de Ciencias Agrícola de Chengdu de la República Popular China e INIA. Durante esos años, Acevedo *et al.* (2003), demostraron heterosis estándar positiva de 15% para rendimiento de granos de los híbridos, sobre la variedad testigo Cimarón. Al respecto, Álvarez *et al.* (2008), obtuvieron heterosis estándar positiva de 17% para rendimiento de grano de los híbridos procedentes del Instituto Internacional de Investigaciones en arroz (IRRI), en Filipinas, sobre la variedad comercial FONAIAP-1. Ambas investigaciones agregan que la baja calidad de grano y el problema de volcamiento de los híbridos afectan el establecimiento de la tecnología.

El FLAR y sus países socios incluyendo a Colombia, Venezuela, Uruguay, Argentina y Brasil, entre otros, junto con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), crearon en el 2012 el consorcio para el desarrollo de híbridos para América Latina (HIAAL), con el fin de evaluar híbridos de arroz en una red amplia de ambientes, explorando un diverso y adaptado germoplasma tropical y subtropical.

En Venezuela, el INIA conjuntamente con la Fundación Desarrollo Agrícola Naranja Asociación Civil (DANAC), Asociación de Productores Semilleristas de los Llanos Occidentales (APROSCHELLO), Industria Alimenticia Nacional de Cereales y Harinas C.A (IANCARINA) y Asociación de Productores de Portuguesa (ASOPORTUGUESA), coordinado por Fundación Nacional del Arroz (FUNDARROZ), establecieron una red de ensayos en los estados Guárico, Portuguesa y Barinas para la evaluación agronómica de los híbridos de arroz provenientes del HIAAL.

El objetivo del presente trabajo es analizar la adaptabilidad del vivero HIAAL 2013 en el Sistema de Riego Río Guárico (SRRG), localidad Bancos de San Pedro, municipio Miranda, parroquia Calabozo del estado Guárico.

Origen y procedimiento de evaluación de los materiales genéticos

El germoplasma considerado en el presente estudio estuvo constituido por 10 materiales del vivero de híbridos de arroz del HIAAL correspondiente al año 2013 (Cuadro 1), distribuidos en 6 híbridos y 4 variedades convencionales utilizadas como testigos: 'SD-20A', 'Payara FL', 'Pionero FL', y 'Soberana FL', estos últimos seleccionados por el equipo técnico

de Venezuela por su adaptación, comportamiento agronómico e importancia económica actual.

El experimento se sembró durante el ciclo de riego (noviembre-abril) del año 2013-2014, en el Campo Experimental del INIA, ubicado en el Sistema de Riego Río Guárico, sector Bancos de San Pedro, municipio Miranda, estado Guárico, (8° 44'14" LN, 67° 2'06" LO) a una altura de 72 metros sobre el nivel del mar. Las características edafo-climáticas preponderantes de la zona son: bosque seco tropical; precipitación promedio anual de 1.379,2 milímetros; evaporación promedio anual de 1.707,6 milímetros; temperatura media anual de 27,9°C; insolación promedio anual de 5,9 horas; humedad relativa anual de 69,6%, según los datos obtenidos por la Unidad de Meteorología de INIA Guárico, correspondiente al año 2013/2014.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar, con 3 repeticiones. La unidad experimental constó de 4 hileras de 5 metros de largo, separadas 0,30 metros, en un área total 6 metros cuadrados. La siembra se realizó el 15 de diciembre de 2013 con semilla seca tapada. (Foto 1). Fueron considerados los siguientes caracteres: floración 50 y 100%, altura de planta y rendimiento de granos en kilogramos/hectárea al 12%.

El manejo agronómico empleado en el experimento fue similar al adoptado por los productores comerciales. Los datos fueron analizados utilizando la estadística descriptiva en Microsoft Excel 2007. Las pruebas de significancia para el contraste de medias de híbridos y variedades se realizó utilizando la prueba de student con nivel de significancia al 5% y el coeficiente de validación (CV%).

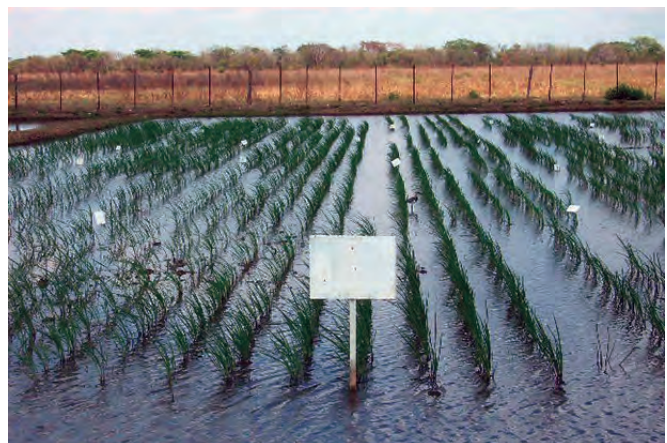


Foto 1. Siembra en hilera y germinación.

Cuadro 1. Materiales genéticos del vivero de híbridos de arroz del HIAAL 2013.

Tratamientos	Identificación	Tipo	Procedencia
1	CT23057H (A)	Híbrido	HIAAL
2	CT23057H (B)	Híbrido	HIAAL
3	CT23025H	Híbrido	HIAAL
4	CT23021H	Híbrido	HIAAL
5	RHA-147	Híbrido	Danac
6	RHA-180	Híbrido	Danac
7	SD20A	Variedad	Sehiveca/Danac
8	PAYARA FL	Variedad	Aproscello
9	PIONERO FL	Variedad	Asoportuguesa
10	SOBERANA FL	Variedad	INIA

Análisis de los caracteres agronómicos

En el Cuadro 2, se presenta los caracteres agronómicos de interés considerados para los híbridos y las variedades de arroz del vivero HIAAL, 2013.

Floración 50%

Está referido al número de días transcurridos desde la emergencia de las plántulas hasta lograr 50% de floración en las parcelas correspondientes. Este carácter varió entre los genotipos desde los 103 a 92 días para el híbrido CT23057H y la variedad Payara FL, respectivamente (Foto 2). En general, los híbridos fueron más tardíos que las variedades, sin embargo, no hubo diferencias estadísticas. En Venezuela, las variedades de arroz, alcanzan en promedio 50% de la floración, a los 86 días en materiales de 120 días a cosecha. En este ensayo se obtuvo valores superiores, posiblemente atribuible al manejo de la siembra por hilera con semilla seca tapada.

La heterosis estándar promedio mostró un valor positivo y bajo, alrededor de 3%, sugiriendo cierta superioridad de los híbridos frente a las variedades, similares resultados fueron encontrados por Torres (2014).

Cuadro 2. Principales características agronómicas del vivero HIAAL 2013.

Tratamiento	Identificación	Tipo	FI 50% (días)	FI 100% (días)	Altura (cm)	Rendimiento kg/ha
1	CT23057H (A)	Híbrido	103,33	109,00	92,33	6.010,11
2	CT23057H (B)	Híbrido	99,33	105,00	97,67	10.825,11
3	CT23025H	Híbrido	98,67	104,33	97,67	10.925,68
4	CT23021H	Híbrido	102,33	107,67	98,00	6.973,07
5	RHA-147	Híbrido	100,00	106,67	95,67	9.854,09
6	RHA-180	Híbrido	98,67	104,67	99,33	12.360,57
7	SD20A	Variedad	99,33	105,67	92,00	12.443,52
8	PAYARA FL	Variedad	91,67	98,67	90,00	7.284,89
9	PIONERO FL	Variedad	98,67	105,67	95,00	9.567,50
10	SOBERANA FL	Variedad	98,67	104,00	93,00	12.828,30
		Media x Experimento	99,07	105,13	95,07	9.907,28
		Media x Híbrido	100,39 ^{NS}	106,22 ^{**}	96,78 ^{**}	9.491,44 ^{**}
		Media x Variedad	97,08 ^{NS}	103,50 ^{**}	92,50 ^{**}	10.531,05 ^{**}
		CV (%)	3,11	2,62	3,28	20,65
		Heterosis estándar (%)	3,00	3,00	5,00	-10,00
		Valor Máximo	103,33	109,00	99,33	12.828,30
		Valor Mínimo	91,67	98,67	90,00	6.010,11

FI 50%= Floración 50%; **FI 100%**= Floración 100%; **Altura (cm)**= altura de planta; ****** = diferencia altamente significativa; **NS**= diferencia no significativa, usando la prueba de t de student a 0,05.

Floración 100%

Definido como el número de días transcurridos desde la emergencia de las plántulas hasta lograr 100% de floración en las parcelas. Aun cuando este carácter esta correlacionado con el ciclo de cosecha, los valores estimados variaron entre 109 a 98 días para el híbrido CT23057H y la variedad Payara FL, respectivamente.



Foto 2. Aspectos de la floración en híbrido.

El Cuadro 2 muestra que en promedio, los híbridos fueron alrededor de 10 días más tardíos que las variedades, mostrando diferencias estadísticas. La literatura en general reporta que los híbridos son generalmente más tardíos que las variedades, esto con el fin de aprovechar más ventajosamente las bondades ambientales, tales como fertilidad, radiación, entre otros; convirtiéndose esto, en mayor rendimiento de granos.

La heterosis estándar promedio de híbridos y variedades, mostró un valor positivo de 3%, indicando una superioridad mínima de los híbridos sobre las variedades.

Altura de planta

La altura de planta fue medida desde la superficie del suelo al ápice de la panícula del tallo principal y expresada en centímetros. Aun cuando este carácter puede estar determinado por uno o pocos genes mayores, es fácil de fijar o seleccionar en las primeras generaciones. La mayoría de las variedades en Venezuela están entre los 80 y 100 centímetros, alcanzando valores superiores en ciertas condiciones. En el Cuadro 2, los valores oscilaron entre un máximo de 99 centímetros y un mínimo de 90 centímetros para el híbrido RHA-180 y la variedad Payara FL, respectivamente. En promedio, los híbridos fueron más altos que las variedades y dicho contraste mostró diferencias estadísticas significativas. No obstante, estuvieron en el rango de plantas enanas o semi-enanas, no mayor de 100 centímetros, materiales con altura superior a los 100 centímetros deben manejarse con mucha precaución las dosis de nitrógeno y la lámina de riego para evitar problemas de volcamiento. La heterosis estándar promedio mostró valor positivo al 5%, sugiriendo mayor altura promedio de los híbridos sobre las variedades.

Rendimiento de granos

En arroz, el rendimiento en granos está en función de la capacidad de carga, adaptabilidad fenotípica y manejo agronómico, entre otros factores. Se considera un carácter cuantitativo o poligénico, es decir dominado por muchos genes y ampliamente afectado por el ambiente. Esto podría explicar el alto valor del CV alcanzado en este ensayo, alrededor de 21% algo elevado en comparación con las otras variables estudiadas.

En el Cuadro 2 y en la Figura, se muestra que las variedades presentaron un rendimiento de granos promedio superior a los híbridos, sobresaliendo los materiales 'Soberana FL' de reciente liberación por el INIA y 'SD-20A' ampliamente cultivada en el país y el híbrido RHA-180 con rendimiento de granos similares al de las variedades anteriormente señaladas (Foto 3). Cuando se analiza la heterosis estándar

promedio (HE%), se observa un valor negativo al 10%, mientras que la comparación del mejor híbrido con la mejor variedad la HE% fue negativa 3%, es decir el mejor híbrido rindió 3% menos que la mejor variedad. Estos resultados demuestran que las variedades locales tienen potencial productivo igual o superior que los híbridos estudiados. No obstante, contrastan con el obtenido por la Fundación DANAC (2013), donde el híbrido RHA-180 resultó superior a la variedad testigo, mostrando heterosis estándar alrededor de 30%.

Sin embargo, los resultados en este estudio permiten corroborar que las variedades convencionales en América Latina presentan una alta adaptabilidad que le permite aprovechar ventajosamente las bondades del ambiente para expresar un mejor desempeño, atributos estos que carecen los híbridos de arroz desarrollados por el HIAAL y el IRRI.



Foto 3. Ensayo de híbridos de arroz en Guárico.

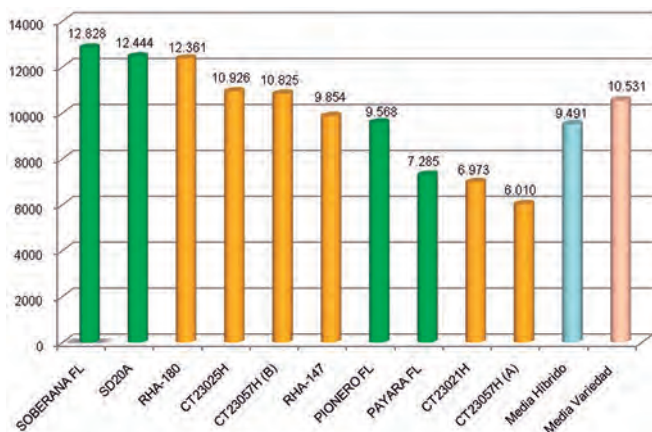


Figura. Comparación del rendimiento de granos (kg/ha) de los híbridos y variedades del vivero HIAAL.

Consideraciones finales

Los híbridos mostraron heterosis estándar positiva e inferior a 5% para los caracteres floración 50%, floración 100% y altura de planta. Es decir los híbridos evaluados en promedio fueron superiores en 5% en estas variables,

Las variedades convencionales de arroz en el SRRG, presentan mejor adaptabilidad y aprovechan ventajosamente el efecto del ambiente que los híbridos del HIAAL, por ello, estos presentaron heterosis estándar promedio negativa al 10% para el rendimiento de granos

Bibliografía consultada

Acevedo M., Y. Yong, W. Castrillo, G. Torrealba. L. Ji, P. Abreu y C Ríos. 2003. Evaluación de híbridos de arroz en Venezuela. Revista del Foro Arrocero Latinoamericano Vol. 9, N° 2, ejemplar 18, noviembre, 20-24 pp.

Álvarez, R. M. Pérez, E. Reyes, O. Moreno, N. Delgado, G. Torrealba, M. Acevedo, W. Castrillo, M. Navas, M. Salazar, O. Torres, E. Torres, P. García y A. Pérez. 2008. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los Llanos Centrocidentales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, 58(2): 101-110 pp.

FAO. 2015. Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030, informe resumido. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557S/y3557s00.pdf>, en línea consultado 24/03/2016.

Fondo latinoamericano y del Caribe de arroz con Riego (FLAR). 2014. Comité técnico del FLAR para la zona tropical, comité de híbrido de arroz para América Latina (caso Venezuela). Villavicencio y Santa Rosa, departamento del Meta, Colombia del 31/08 al 06/09.

Fundación DANAC. 2014. Desarrollo de híbridos de arroz en Fundación Danac. Conexión DANAC, edición especial N° 19. San Javier, estado Yaracuy. septiembre.

Longping Y., F. Xin-Qin. 2001. Tecnología para la producción de híbridos de arroz. (http://www.fao.org/3/contents/b9cddb4b-f88d-5a42-9293-c39a8a58fd8c/v4730s00.htm#P-1_0, en línea consultado 22/03/2016).

Torres E. 2014. Desarrollo de híbridos de arroz para América Latina "Un desafío para la investigación en mejoramiento de arroz". (<http://www.aca.com.uy/wp-content/uploads/2014/08/Desarrollo-de-Hibridos-de-arroz.pdf>, en línea consultado 22/03/2016).

Red de agro-meteorología del INIA, Estación Bancos de San Pedro, Calabozo estado Guárico. <http://www.inia.gov.ve/index.php/institucional-inia/red-de-agrometeorologia-del-inia>, en línea consultado 22/03/2016).