

ROMPIENDO EL TECHO DE RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ARROZ
Proyecto ANII ALI_1_2012_1_3507 (INIA, GMA-COOPAR, ACA)
Zafra 2016 - 2017 – Trabajos de Validación

E.Deambrosi^{1,3}, G. Zorrilla², M. Lauz³, P. Blanco⁴, J. Terra⁴

INTRODUCCIÓN

Los costos del cultivo de arroz en el país se han incrementado en forma muy importante en los últimos años. Para aumentar los márgenes de rentabilidad del productor se debería hacer un uso más eficiente de los recursos e insumos, e incrementar el rendimiento. Dado que la productividad obtenida en el Uruguay se encuentra en un nivel relativamente alto en el concierto internacional y que la brecha de rendimientos disminuyó en los últimos años, se planteó si existen oportunidades de incrementar la misma a través de propuestas de manejo integrado del cultivo, en una forma sostenible.

Se entiende como Potencial de Rendimiento (R_p) el que se puede lograr sin la presencia de plagas, enfermedades, estreses hídricos o de nutrientes. Según van Wart *et al.* (2013) es imposible que el rendimiento promedio de una región o país alcance R_p por dos razones: 1) el 100% de los productores no pueden lograr la perfección del manejo de los suelos y del cultivo requeridos para alcanzarlo; 2) la respuesta de los cultivos a insumos adicionales presenta un beneficio de rendimiento marginal decreciente, ya que al aproximarse el rendimiento al techo, se disminuye el costo-beneficio marginal de los insumos adicionales y se reducen los incentivos para explotar las pequeñas brechas restantes entre los niveles de rendimiento y el R_p .

Considerando la información registrada en 7 estaciones meteorológicas de Uruguay durante un período de 18 años (1997-2014), usando el modelo de simulación OryzaV3 (cultivares Índica) y fechas de siembra del 15/10 en las zonas Norte-Centro con INIA Olimar, y 20/10 en la zona Este con El Paso 144, Carracelas *et al.* (2016) reportó que el Rendimiento Potencial del país es de 14 t/ha (14% hum.- SL).

En particular, el Rendimiento Potencial de Rocha es 14,7 t/ha (14% h. SL), y el Rendimiento Potencial de Treinta y Tres es de 13,7 t/ha (14% h. SL).

Según Cassman, *et al.*, (2003), los rendimientos de chacra se estabilizan al alcanzar el 75-85% del (R_p), por lo que se podría considerar que el Rendimiento explotable (R_e) en nuestras condiciones sería:

$$R_e = R_p \times 0,8 \text{ sería } 11,76 \text{ t/ha SL en Rocha (235 b/ha)}$$
$$R_e = R_p \times 0,8 \text{ sería } 10,96 \text{ t/ha SL en Treinta y Tres (219 b/ha)}$$

En 2013 fue presentado un proyecto a la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII) para su co-financiación, y aprobado por ésta en agosto de ese año. El objetivo general del mismo es generar tecnologías y prácticas de manejo integrado del cultivo que permitan incrementar al menos 10% la productividad, respecto a la obtenida con la tecnología actualmente utilizada por los productores pertenecientes al quintil (20%) superior de rendimiento.

¹ M.Sc. Coordinador técnico y supervisor de actividades. enrique.deambrosi@gmail.com

² M.Sc. INIA. Director Programa Arroz, Coordinador general del proyecto. g.zorrilla@inia.org.uy

³ Contratado por el proyecto ANII 3507. lauzmathias@gmail.com

⁴ Integrantes del Comité Técnico: Blanco, P., Terra, J. Director Programa Sustentabilidad Ambiental, Castillo, J., Méndez, R., Pérez de Vida, F., Macedo I. (INIA), Uruga, R., Gonnet, D., Rovira, G., Marella, M. (GMA-COOPAR), Stirling, E., Zorrilla, H., Lago, A. (ACA)

Por mayor información sobre el mismo y de los trabajos realizados en años anteriores, se sugiere consultar los resúmenes presentados en INIA Actividades de Difusión 748 Arroz-Soja Resultados experimentales 2014-2015 c2 p39-42 y en INIA Actividades de Difusión 765 Arroz Resultados Experimentales 2015-2016 c2 p1-4, respectivamente.

En la zafra 2016-2017 se iniciaron los trabajos de validación correspondientes a la cuarta y última etapa de ejecución del proyecto.

MATERIALES Y MÉTODOS

En base a características ambientales, al comienzo del proyecto se definieron 3 grupos de productores, identificados como Treinta y Tres, Cebollatí e India Muerta, respectivamente. En el primer grupo se integraron productores que siembran en las zonas de Rincón de Ramírez, La Charqueada y 7ª Sección del Departamento de Treinta y Tres. En el grupo Cebollatí, se integraron productores que siembran en alrededores de Cebollatí, Lascano y norte de Lavalleja. En el tercero (India Muerta) se agruparon productores del departamento de Rocha, que siembran en las zonas de India Muerta, San Miguel y San Luis.

En la etapa experimental, se seleccionaron cuatro factores para manejar prácticas alternativas: 1) cultivar (productividad / resistencia a Brusone), 2) instalación del cultivo (tratamientos de semilla / número de plantas a instalar por unidad de superficie), 3) manejos de la fertilización (basal y en cobertura / macros y micro-nutrientes), y 4) protección de enfermedades (número de aplicaciones de fungicida / agregados de fosfito de potasio y silicio).

En las zafras 2014-2015 y 2015-2016, se utilizó el diseño de parcelas de omisión (Below, 2011) utilizando en total 12 tratamientos dispuestos en bloques al azar con 3 repeticiones. El primer tratamiento correspondió a la utilización de todas las prácticas definidas según la tecnología base de los productores de punta (Nº 1); luego en los tratamientos Nº 2 al 6, se fue sustituyendo alguno de los factores por el uso de su práctica alternativa. En forma similar pero contraria, el Nº 7 corresponde al manejo en cual en todos los factores se utilizan las prácticas alternativas a las utilizadas en el tratamiento Nº 1; luego en los tratamientos Nº 8 al 12, se fue sustituyendo la práctica correspondiente a algún factor por la usada en el testigo Nº 1.

En el Factor 1 “cultivar” se cambió El Paso 144 por CH-Quebracho en Rincón de Ramírez, e INIA Merín en la 7ª Sección de Treinta y Tres el primer año y en Costas de San Francisco en el segundo. En el Departamento de Rocha se utilizó la variedad Parao en lugar de El Paso 144 e INIA Tacuarí en Cebollatí e India Muerta, respectivamente.

En el Factor 2 “instalación” como alternativa a la siembra de una cantidad fija de semilla (kg/ha) tratada previamente con productos fungicida e insecticida, se utilizaron las cantidades de semilla estimadas para lograr una implantación de 180 plantas m², tratadas con fungicida, insecticida y zinc, e inoculada con la endobacteria *Herbaspirillum*, teniendo en cuenta el peso de granos, viabilidad de la semilla y considerando porcentajes de recuperación de plantas de 50% y 40% para Treinta y Tres y Rocha, respectivamente.

En el Factor 3 “fertilización”, se propusieron dos sub-factores: Fertilización 1 y Fertilización Plus. En Fertilización 1, se ajustó la dosis según los resultados de análisis de suelos en contenidos de fósforo (según Ácido cítrico), potasio (según Acetato de amonio) y nitrógeno (potencial de mineralización). En caso de encontrarse valores menores a los niveles críticos establecidos en nuestras condiciones (7 ppm de P; 0,2 meq de K (100 g de suelo), 53,6 g/kg de NH₄) se calcularon las correcciones necesarias para alcanzar los mismos; además se consideraron algunos niveles diferentes de reposición de extracción de dichos elementos (N-P-K) considerando la remoción en grano correspondiente a una producción de 12 t de arroz ha.

En el sub-factor “Fertilización-Plus” se realizaron aplicaciones adicionales de azufre (siembra), silicio (en 2 oportunidades: macollaje y comienzo de floración), y micronutrientes (macollaje).

Finalmente en el Factor 4 “protección de enfermedades”, al utilizarse cultivares con resistencia (total o moderada) al ataque de *Pyricularia oryzae*, a la doble aplicación de fungicidas de la

tecnología base se propuso el uso alternativo de una sola aplicación a inicios de floración, acompañada con el agregado de fosfito de potasio y de sílice (ya mencionado).

Para dar comienzo al Componente 4 de la estrategia del proyecto, el Comité Técnico, integrado por representantes de INIA, ACA, GMA y COOPAR, analizó la información generada en los 8 experimentos conducidos, ya sea en forma individual como conjunta (2 por localidad). De acuerdo a su performance, en cada sitio se seleccionó un tratamiento, entre los 11 evaluados junto al testigo tecnológico, para ser incluido en las validaciones respectivas junto a este último.

En 3 de las 4 localidades (Rincón, 7ª Sec. de Treinta y Tres / C. de San Francisco e India Muerta) se seleccionó el tratamiento identificado con el N° 9, que incluye todas las prácticas alternativas al testigo tecnológico, excepto el factor "instalación del cultivo". En dichos casos la variedad alternativa a utilizar fue CH-Quebracho en Rincón, INIA Merín en C. de San Francisco y 7ª Sec. de Treinta y Tres en lugar de El Paso 144, y Parao en lugar de INIA Tacuarí en India Muerta. En Cebollatí se seleccionó el tratamiento N° 12, en el que se consideran todas las alternativas al testigo tecnológico, con la excepción del "manejo de enfermedades", el que demostró superior productividad en el promedio de los años anteriores; en esta localización también se sembró el cultivar Parao en lugar de El Paso 144.

Tal como estaba previsto se instalaron 6 trabajos de validación: 3 en el Departamento de Treinta y Tres (Rincón de Ramírez, Costas de San Francisco y 7ª Sección) y 3 en el Departamento de Rocha (Cebollatí, India Muerta y Vuelta Grande). La ejecución de los trabajos en las chacras fue realizada en general por parte de los productores, en superficies de 8-10 ha divididas al medio según 2 manejos contrastantes, con supervisión de los técnicos del proyecto.

Los trabajos fueron sembrados, el 27/9 en Rincón de Ramírez, el 14-15/10 en San Francisco, el 5-9/11 en Vuelta Grande, el 8/11 en 7ª Sec. de Treinta y Tres, el 9-11/11 en India Muerta y el 14-15/11 en Cebollatí.

Las cosechas fueron realizadas el 17/3 en Rincón, el 7/4 en San Francisco, el 12-13/4 en 7ª Sec. de Treinta y Tres y en India Muerta, el 15-18/4 en Vuelta Grande y 17-18/4 (El Paso 144) y 30/4 (Parao) en Cebollatí.

La evaluación de la producción de arroz (cantidad y calidad industrial) fue realizada por parte de la industria molinera a la que remite el productor involucrado.

RESULTADOS

Con los tratamientos alternativos seleccionados se obtuvieron en general rendimientos iguales o mayores a los logrados con la tecnología utilizada como testigo (correspondiente a productores del quintil superior), en un rango que varió entre 2 y 29% superior. En los tratamientos N° 9 y N° 12, alternativos, se aplicaron en general (excepto en un sitio) cantidades mayores de nutrientes que en el N° 1, nitrógeno en forma importante y en menor grado fósforo y potasio. En todos los casos, la fertilización fue realizada de acuerdo a los resultados de análisis de suelos y la estrategia definida a comienzos del proyecto. En el cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en las 6 localidades (ordenadas de norte a sur),

En Rincón de Ramírez, donde se utilizó el tratamiento N° 9 con la variedad CH-Quebracho se obtuvieron 10.576 kg/ha de arroz SSL, 668 kg/ha más (6,7%) que con el tratamiento 1 donde se sembró la variedad El Paso 144 (9.908 kg/ha).

Las mayores diferencias fueron encontradas en las localidades de San Francisco y 7ª Sección de Treinta y Tres (28,7% y 26,8%), donde se utilizó la variedad INIA Merín en el tratamiento N° 9. Los rendimientos obtenidos con el tratamiento N° 1 donde se sembró El Paso 144 fueron 9.507 y 8.631 kg/ha de arroz SSL respectivamente, en comparación con 12.234 y 10.945 kg/ha del tratamiento N° 9.

En los 3 trabajos instalados en el Departamento de Rocha, se sembró en el mes de noviembre. Se utilizó la variedad Parao en los tratamientos alternativos (N° 12 en Cebollatí y N° 9 en India Muerta y Vuelta Grande). Tanto para la variedad El Paso 144, así como para Parao (de ciclo 5-

7 días más largo) sería deseable sembrar más temprano, para poder disponer de condiciones climáticas más favorables para obtener altos potenciales de rendimiento.

En Cebollatí, donde se sembró a mediados de noviembre, no se obtuvieron diferencias, cosechándose 9.077 y 9.254 kg/ha de arroz SSL con los tratamientos N° 1 (El Paso 144) y N° 12 (Parao) respectivamente. En los comienzos, El Paso 144 presentaba el doble de plantas por unidad de superficie (322 vs 158 pl/m²), en parte debidas a los diferentes tratamientos usados en la instalación del cultivo. Esa diferencia probablemente afectó el ciclo de los materiales, comenzando a florecer El Paso antes que Parao, cuando no era lo esperable de acuerdo a sus antecedentes. Fueron cosechadas con 13 días de diferencia.

En la Vuelta Grande e India Muerta, se compararon los mismos tratamientos, N° 1 y N° 9, con las variedades INIA Tacuarí y Parao respectivamente.

En la Vuelta Grande se cosecharon 7.919 kg/ha con el tratamiento N° 1 y 9.330 kg/ha con el N° 9, con un rendimiento 17,8% mayor a favor del segundo.

En India Muerta, se sembró en un lugar próximo a donde se instaló el experimento en la zafra 2014-2015. Al igual que en esa oportunidad se dispuso de un suelo de alta fertilidad; en el tratamiento N° 9 no se aplicó nitrógeno ni fósforo en la siembra, y la cobertura N en el macollaje fue menor que en el tratamiento N° 1. Se cosecharon 10.095 y 10.815 kg/ha de arroz SSL con los tratamientos 1 y 9 respectivamente, con una diferencia de 7,1% a favor del segundo.

Cuadro 1. Validaciones 2016-2017 – Rendimientos de arroz

Localización	Tratamiento	Cultivar	Rendimiento SSL		Incremento		
			kg/ha	b/ha	kg/ha	b/ha	%
Rincón de Ramírez	1	EP 144	9.908	198	668	13,4	6,7
	9*	Quebracho	10.576	212			
C. de San Francisco	1	EP 144	9.507	190	2.727	54,5	28,7
	9**	INIA Merín	12.234	245			
7ª S. Treinta y Tres	1	EP 144	8.631	173	2.314	46,3	26,8
	9	INIA Merín	10.945	219			
Cebollatí	1	EP 144	9.077	182	177	3,5	2,0
	12	Parao	9.254	185			
Vuelta Grande	1	INIA Tacuarí	7.919	158	1.411	28,2	17,8
	9	Parao	9.330	187			
India Muerta	1	INIA Tacuarí	10.095	202	720	14	7,1
	9	Parao	10.815	216			
Total 6 localidades	1	EP 144-Tac	9.189	184	1.337	26,7	14,5
	9/12	Queb-Mer-Pa	10.526	211			

*Por error, no se realizaron aplicaciones diferentes de productos fungicidas / sí se aplicaron Si y fosfito de potasio **Por error se aplicó un segundo fungicida en el tratamiento 9

CONCLUSIONES

Los trabajos realizados muestran que existen oportunidades de mejora en la productividad. La utilización de cultivares resistentes y/o tolerantes a las enfermedades, junto con un adecuado suministro de nutrientes, permitió obtener incrementos interesantes en los rendimientos (14,5% en promedio). Es posible que con pequeños ajustes en las prácticas de manejo, en especial en referencia a épocas de realización, se puedan lograr aún mejores resultados.

Por la forma de conformación de los tratamientos evaluados, no es posible opinar sobre cuáles fueron los factores simples determinantes de la mayor productividad obtenida en cada caso, sino que la misma fue el resultado de la puesta en acción conjunta de varios factores.

Se deberán realizar en el futuro estudios complementarios para estudiar el posible impacto ambiental de la aplicación de nutrientes.

BIBLIOGRAFÍA

BELOW F., GENTRY, L. 2011. Producing 300 bushel corn sustainably. Crop Physiology Laboratory Department of Crop Sciences, University of Illinois in Urbana Champaign. In: 2011 Fluid fertilizer foundation forum. Scottsdale, AZ February, 2011

CASSMAN, K.G., DOBERMANN, A.D., WALTERS, D., YANG. H. 2003. Ann. Rev. Environ. Res., v. 28, p. 315-358.

CARRACELAS, G., GUILPART, N., GRASSINI, P., CASSMAN, K. 2016. Determinación del potencial y de la brecha de rendimiento en los sistemas de arroz en Uruguay. In: Arroz Resultados Experimentales 2015-2016. INIA Treinta y Tres, Uruguay. **Treinta y Tres: INIA. Capítulo 2, p. 5-8. (Serie Actividades de Difusión 765).**

VAN WART, J., KERSEBAUM, K.C, PENG, S., MILNER, M., CASSMAN, K.G. 2013. Field Crops Research v. 143, p. 34-43.