

# EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ARROZ PRODUCIDO EN URUGUAY Y COMPARACIÓN CON OTROS PAISES ARROCEROS

G. Carracelas<sup>1</sup>,  
N. Guilpart<sup>2</sup>, P. Grassini<sup>3</sup> and K. Cassman<sup>3</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Potencial de Rendimiento, Oryza, GYGA

## INTRODUCCIÓN

Uruguay ocupa el séptimo lugar entre los exportadores de arroz a nivel mundial, con una producción total de arroz de aproximadamente 1,5 millones de toneladas de arroz por año, de los cuales más del 90% se exporta en todo el mundo, (FAO, 2016). El sector arrocero uruguayo es uno de los más exitosos e integrados del país, lo que ha contribuido a aumentar los rendimientos a una de las tasas más altas del mundo. La marcada desaceleración en la tasa de incremento de rendimiento registrada en los últimos años en Uruguay, podría estar indicando que los rendimientos actuales promedio del arroz se estarían acercando al techo de rendimiento biofísico. Los rendimientos agrícolas a menudo comienzan a estabilizarse cuando alcanzan entre el 75 y el 85% del potencial de rendimiento (Cassman *et al.*, 2003; Lobell *et al.*, 2009). Debido a los altos costos actuales de insumos y a los bajos precios del arroz, mantener el aumento de los rendimientos es fundamental para la viabilidad y sostenibilidad del cultivo en Uruguay. . El objetivo de este trabajo es analizar la evolución del rendimiento potencial (Rp), actual (Ra) y producción relativa del arroz en Uruguay con el fin de determinar si la alta tasa de aumento del rendimiento está parcialmente determinada por el cambio climático y si la disminución en el aumento de rendimiento de las últimas zafas puede atribuirse a un límite biofísico. Los resultados se comparan con otros países incluidos en el Global Yield Gap Atlas (GYGA) para los cuales se dispone de estimaciones de potencial de rendimiento del arroz, rendimiento actual, producción relativa y brecha de rendimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se trabaja en colaboración con la Universidad de Nebraska, Lincoln (UNL) siguiendo metodologías y protocolos desarrollados por el equipo GYGA ([www.yieldgap.org](http://www.yieldgap.org)) para seleccionar fuentes de datos, definir las zonas agroclimáticas en Uruguay, simular el rendimiento de los cultivos y estimar las brechas de rendimiento (Van Wart *et al.*, 2013a, 2013b, Van Bussel *et al.*, 2015, Grassini *et al.*, 2015). El Rp se determinó con el modelo de simulación del cultivo de arroz OryzaV3 para un período de 18 años en 7 estaciones meteorológicas de referencia (Bouman *et al.*, 2001). Se utilizaron dos bases de datos independientes para la calibración y validación del modelo. Mayores detalles de la metodología empleada se publicó anteriormente en las series de actividades de difusión SAD 765 y 766 (Carracelas *et al.*, 2016). Se realizaron análisis de varianza y análisis de regresión lineal del rendimiento potencial (Rp), actual (Ra) y producción relativa (Pr) del arroz irrigado en Uruguay usando el programa estadístico: [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar). La Pr es un indicador que evidencia la proporción o posibilidades de continuar aumentando los rendimientos y se calcula como el cociente entre Ra / Rp\*100.

## RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los resultados del análisis de la tendencia de Rp y Ra del arroz en Uruguay para un período de 16-18 años se presentan en la Figura 1. El potencial de rendimiento promedio fue de 14 t

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA. [gcarracelas@tb.inia.org.uy](mailto:gcarracelas@tb.inia.org.uy)

<sup>2</sup> AgroParisTech - UMR 211, 78850 Thiverval-Grignon, France

<sup>3</sup> University of Nebraska-Lincoln. P.O. Box 830915, Lincoln, NE 68583-0915, USA

ha<sup>-1</sup> sin una pendiente significativa entre 1997 y 2014 ( $P < 0,05$ ). La falta de tendencia significativa ( $P=0.43$ ) en Rp promedio en Uruguay registrada durante los 18 años analizados, indica que no hubo un efecto significativo de cambios climáticos sobre la tasa de aumento de la producción de arroz en Uruguay. Por lo tanto las altas tasas de aumento de los rendimientos actuales registradas fueron debidas a la incorporación de variedades y a la adopción de prácticas de manejo integrado en el cultivo de arroz.

Rendimiento Arroz t ha<sup>-1</sup>

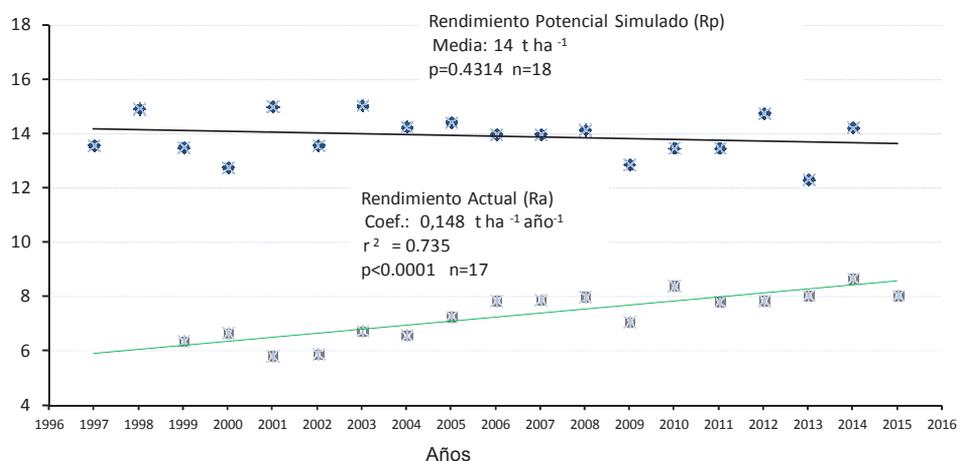


Figura 1 - Evolución del rendimiento potencial (Rp) de arroz simulado para Uruguay con *Oryza* (v3) (◆) promedio de 7 estaciones meteorológicas para un periodo de 18 años desde 1997 a 2014. La pendiente o coeficiente de regresión lineal para Rp fue cercana a cero (no fue significativa). Evolución del rendimiento actual (Ra) del arroz en Uruguay (□) (DIEA MGAP).

Los rendimientos de arroz en Uruguay aumentaron 148 kg/ha/año del 2000 al 2016, reduciendo considerablemente la brecha de rendimiento. Considerando un promedio de Ra de 8 t/ha registrado en las últimas 5 zafas, la brecha de rendimiento explotable (diferencia entre el 80% de Rp y Ra) es de 3 t/ha. El rendimiento promedio actual de Uruguay representa el 57% del rendimiento Rp simulado a nivel nacional lo cual está indicando que aún existen oportunidades de incrementar los rendimientos actuales a través de propuestas de manejo integrado del cultivo y liberación de nuevos cultivares de alto potencial resistentes a enfermedades.

La evolución a lo largo del tiempo de la producción relativa es presentada en la Figura 2,

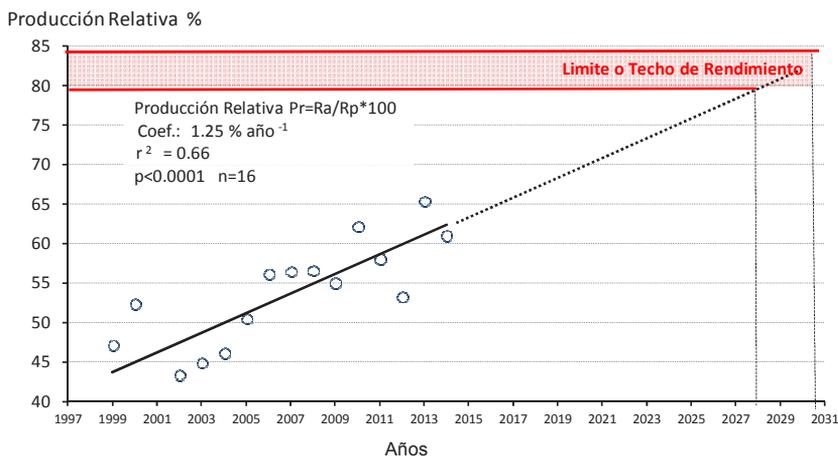


Figura 2. Evolución de producción relativa (Pr) en Uruguay determinado como el cociente entre rendimiento actual Ra (Fuente: DIEA MGAP) y rendimiento potencial Rp (simulado con Oryza(v3)) para un periodo de 18 años de 1999 - 2014 (Ra/Rp\*100).

La tendencia de la Pr indica que en los 16 años del período analizado la tasa de incremento del rendimiento actual Ra fue de 1,25% al año en relación al rendimiento potencial Rp ( $p < 0,0001$ ). De mantenerse estas tendencias a futuro el limite o techo de rendimiento relativo para el promedio de los productores se alcanzaría en aproximadamente en 11-14 años (2028-31), y el rendimiento promedio alcanzado se encontraría en el entorno de las 11-12 t ha<sup>-1</sup> (80-85% del Rp) con las variedades disponibles en el mercado y tecnología - prácticas de manejo del cultivo.

Finalmente en el cuadro 1 se presenta una comparación entre la Pr (%), el Rp, Ra y brecha de rendimiento de los países arroceros incluidos en el Atlas Mundial (GYGA).

Cuadro 1. Comparación de producción relativa (Pr), potencial de rendimiento (Rp), rendimiento actual (Ra), Brecha de rendimiento (Br) para arroz irrigado en diferentes países incluidos en el Global Yield Gap Atlas. Fuente: www.yieldgap.org.

Pais	Producción Relativa (%)	Rendimiento de Arroz (t ha <sup>-1</sup> )			Años (Rp)	Intensidad de Cultivo
		Potencial (Rp)	Actual (Ra)	Brecha de rendimiento (Br)		
China*	73	9,5	6,9	0,7	2004-2014	1.5
USA	66	12,4	8,1	1,8	1999-2014	1
<b>Uruguay</b>	<b>57</b>	<b>14,0</b>	<b>8,1</b>	<b>3,1</b>	<b>1998-2014</b>	<b>1</b>
India	49	9,0	4,4	2,8	1991-2015	1
Bangladesh	47	12,0	5,6	4,0	1991-2010	1
Niger*	47	9,2	4,4	3,0	1990-2011	1.6
Mali*	45	9,1	4,1	3,2	1991-2011	1.2
Tanzania*	42	10,8	4,5	4,1	1998-2011	1.5
Burkina Faso*	36	7,6	2,8	3,3	1990-2006	2
Ghana*	33	8,3	2,7	3,9	1998-2011	1.6
Nigeria	32	8,9	2,8	4,3	1998-2011	1

\*Intensidad de cultivo > 1.

La Pr de la mayoría de los países es inferior al 60%, registrándose los valores más bajos en los países Africanos. China y Estados Unidos están más cerca del techo de rendimiento (Pr=73% y 66% respectivamente) seguida por Uruguay con 57%. El 27% de los países determinaron un Rp entre 12 y 14 ton ha<sup>-1</sup> (Bangladesh, USA y Uruguay), el 46% Rp entre 9-11 ton ha<sup>-1</sup> (India, Malí, Níger, China y Tanzania) y un 27% de los países están por debajo de 9 ton ha<sup>-1</sup> (Burkina Faso, Ghana y Nigeria). Se destacan el Ra por ciclo de cultivo logrado en

Uruguay el cual es similar al obtenido en USA, mientras que algunos países como China, Niger, pueden realizar más de un cultivo por año determinando una mayor producción anual.

## CONCLUSIONES

El potencial de rendimiento promedio de Uruguay se sitúa en 14 ton de arroz por hectárea por lo que considerando un rendimiento actual promedio de 5 zafras de 8,1 ton de arroz/ha, la brecha de rendimiento explotable a nivel de país es de 3.1 ton arroz/ha.

Los niveles de rendimiento actuales representan sólo el 57% del rendimiento potencial simulado, lo que indica que sería posible aumentar aún más los rendimientos actuales, reduciendo al mismo tiempo las brechas de rendimiento en Uruguay.

La falta de tendencia en el potencial de rendimiento promedio en Uruguay durante los últimos 18 años indica que no hubo efecto de cambios climáticos en la tasa de aumento de la producción de arroz en Uruguay, confirmando que dicho aumento fue debido a la incorporación de variedades y prácticas de manejo integrado del cultivo.

La producción relativa promedio de la mayoría de los países incluidos en el atlas mundial sugiere que aún es posible aumentar los rendimientos de arroz dentro de las áreas actuales destinadas al cultivo, lo cual contribuiría a satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos.

## BIBLIOGRAFÍA

**BOUMAN, B.A.M., KROPFF, M.J., TUONG, T.P., WOPEREIS, M.C.S., TEN BERGE, H.F.M., & VAN LAAR, H.H. 2001.** ORYZA2000: modeling lowland rice. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, and Wageningen University and Research Centre, Wageningen, Netherlands, 235 pp.

**CASSMAN, K.G., DOBERMANN, A.R., WALTERS, D.T., YANG, H. 2003.** Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. Annual Review of Environment and Resources 28. pp 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. Tacuarembó, (Uruguay): INIA, p. 32-43. (INIA, Serie Actividades de Difusión; 766)

**FAOSTAT, 2016.** Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. <http://www.fao.org/> (accessed October 2016). Rice Market Monitor October 2016. FAO.

**GRASSINI, P., VAN BUSSEL, L.G.J., P., VAN MART, J., WOLF, J., CLAESSENS, L., YANG, H., BOOGAARD, H., DE GROOT, H., VAN ITTERSUM, M.K. AND CASSMAN, K.G. 2015.** How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield gap analysis. Field Crops Research. 177, 49-63.

**LOBELL, D.B., CASSMAN, K.G., FIELD, C.B. 2009.** Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. Annual Review of Environment and Resources 34 (2009); doi: 10.1146.

**VAN BUSSEL, L.G.J., GRASSINI, P., VAN MART, J., WOLF, J., CLAESSENS, L., YANG, H., BOOGAARD, H., DE GROOT, H., SAITO, K., CASSMAN, K.G. AND VAN ITTERSUM, M.K. 2015.** From fields to atlas: Upscaling of location specific yield gap estimates. *Field Crops Research*. 177, 98-108.

**VAN WART, J., GRASSINI, P., YANG, H., CLAESSENS, L., JARVIS, A., & CASSMAN, K. G. (2015).** Creating long-term weather data from thin air for crop simulation modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 209–210, 49–58.

**VAN WART, J., VAN BUSSEL, L.G.J., WOLF J, LICKER, R., GRASSINI, P., NELSON, A., BOOGAARD, H., GERBER, J., MUELLER N.D., CLAESSENS L., VAN ITTERSUM M.K., CASSMAN K.G. 2013A.** Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. *Field Crops Research*. 143, 44-55

**VAN WART, J., KERSEBAUM, C.K., PENG, S., MILNER, M., CASSMAN, K.G. 2013B.** Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*. 143, 34-4