

¿ES POSIBLE SEGUIR AUMENTANDO LA PRODUCTIVIDAD EN EQUILIBRIO CON EL AMBIENTE?^a

M.Ch. Tseng¹, S. Riccetto², Á. Roel³, E. Deambrosi⁴, J. Terra³, G. Zorrilla⁴, C. Pittelkow⁵

PALABRAS CLAVE: indicadores ambientales, indicadores de eficiencia, intensificación sustentable

INTRODUCCIÓN

El rendimiento nacional de arroz aumentó 113% desde la década del 70 hasta el presente a una tasa aproximada de 100 kg/ha/año con un ligero estancamiento en el último lustro.

Uno de los desafíos más importantes para la agricultura es poder seguir incrementando la productividad utilizando menos recursos y a la vez disminuyendo su impacto ambiental. Esto es todavía más ambicioso en el caso de sistemas altamente productivos como es el sector arrocerero uruguayo. Pittelkow *et al.* (2016) constató que el aumento sostenido de la productividad del cultivo entre 1993 y 2013 se dio en un marco general de mejoras en la eficiencia del uso del agua, la energía y los nutrientes, con huellas ambientales (carbono, agua, pesticidas) conocidas y en general de bajo impacto.

Por otro lado, un trabajo realizado entre 2013-2017, en el marco de un proyecto financiado por la ANII y ejecutado por la alianza INIA-ACA-GMA-COOPAR titulado “Rompiendo Techo de Rendimientos” (Deambrosi *et al.*, 2019), se propuso conceptualizar tecnologías y prácticas de manejo integradas del cultivo que permitieran superar el rendimiento de los productores del quintil superior y validarlas a escala productiva.

El presente estudio incorpora el análisis de los indicadores de eficiencia y ambientales utilizados por Pittelkow *et al.* (2016) a las tecnologías y prácticas de manejo utilizadas por los productores del quintil superior de rendimiento, así como a las propuestas de manejo integrado que lograron superar esos rendimientos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la figura 1 se presenta el flujograma de trabajo y análisis realizados en el proyecto de “techos de rendimiento” que generó la información para el análisis de los indicadores.

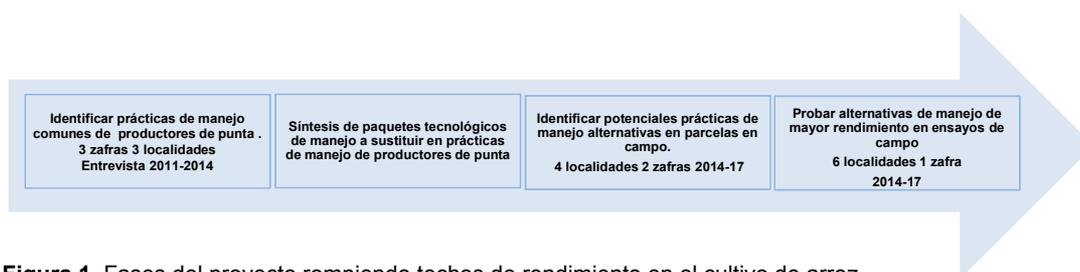


Figura 1. Fases del proyecto rompiendo techos de rendimiento en el cultivo de arroz.

^a El presente artículo es una síntesis de un trabajo publicado por los mismos autores: Towards actionable research frameworks for sustainable intensification in high-yielding rice systems. Scientific Reports, November 2020. Scientific Reports 10(1) DOI: 10.1038/s41598-020-63251-w

¹ BSc. MSc. Estudiante de Doctorado Univ de Illinois, USA

² Ing. Agr. M.Sc. Estudiante de Doctorado Fagro-UDELAR

³ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Técnico Referente

⁵ B.Sc. M.Sc. Ph.D. Profesor Asistente Universidad de California, David, USA

Los Indicadores evaluados en las distintas fases del trabajo (Figura 1) fueron de a) Productividad: rendimiento (kg/ha); b) Eficiencia de uso de los recursos: Eficiencia del uso de nitrógeno (kg arroz/ kg N, Eficiencia de Uso de la Energía (kg arroz/ MJ) y Rendimiento neto de la energía (GJ/ ha) c) Ambientales: Riesgo de contaminación por agroquímicos (PAFm³), Riesgo de contaminación por agroquímicos a escala de rendimiento (PAF m³ /kg), Huella de Carbono (kg CO₂ equivalente/ ha) y Huella de Carbono a escala de rendimiento (kg CO₂ equivalente/ kg arroz)

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el cuadro 1 se presenta el análisis de diferentes indicadores del uso de tecnologías y prácticas de manejo de lo que se considera

un productor medio de la Región Este, así como del quintil superior de productividad de las tres Regiones (Treinta y Tres, Cebollatí e India Muerta). Las definiciones de las prácticas y variables asociadas fueron consensuadas a través de una encuesta realizada y la comisión técnica del proyecto.

Se observa que en general tanto para los indicadores de eficiencia como ambientales los productores de punta tuvieron mejores valores que el promedio. Esto sugiere una gran oportunidad de seguir mejorando los indicadores promedio siguiendo la trayectoria tecnológica y de manejo de los productores de punta (quintil superior). Consideramos que este es un resultado trascendente en señalar la oportunidad aun presente de mejora de rendimientos en equilibrio con el ambiente como lo plantea el paradigma de la intensificación sustentable.

Cuadro 1. Indicadores evaluados para las tecnologías y prácticas de manejo de los productores promedio de la zona Este y del quintil superior de productividad de las diferentes regiones.

Variables	Promedio regional	Alto rendimiento		
		Treinta y Tres	Cebollatí	India Muerta
Rendimiento y eficiencia				
Rendimiento (kg/ha)	7900	8986(13,7%)	9025 (14,2%)	9025 (14,2%)
EUN (kg grano /kg N)	121,7	128,4 (5,5%)	127,8 (5,1%)	127,8 (5,1%)
EUE (kg arroz/MJ)	0,46	0,54 (16,4%)	0,49 (6,8%)	0,45 (-2%)
Rend. neto energía (GJ/ha)	102,9	119,8 (16,4%)	118,9 (15,5%)	117,2 (13,8%)
Huella ambiental				
Huella de C kg Co ² eq/ha	7524,2	7636,5 (1,5%)	7621,2 (1,3%)	77310,3 (2,8%)
Huella de C a escala de rend. kg Co ² eq/ kg arroz	954,7	849,8 (-11%)	844,4 (-11,5%)	856,7 (-10,3%)
Riesgo de contaminación por agroquímicos (PAF/m ³)	15608,7	352,8 (-97,7%)	236,9 (-98,5%)	11815, 2(-24,3%)
Riesgo de contaminación por agroquímicos a escala rend.	1,96	0,04 (-98%)	0,02 (-99%)	1,31 (-33,2%)

En la figura 2 se presentan en forma esquemática y relativa el comportamiento de los indicadores de los productores de alto rendimiento en comparación con la productividad de la propuesta tecnológica alternativa de mayor rendimiento y sus variables de manejo asociadas. Puede apreciarse que si bien un próximo paso de alternativas tecnológicas y de manejo para aumentar la productividad

entre 7 y 14% es posible; estas pueden comprometer el desempeño de algunos indicadores de eficiencia y ambientales. Esto de alguna forma era predecible considerando que se exploraron rendimientos muy próximos a los potenciales alcanzables en nuestros agroecosistemas, superiores a los 10.000 kg/ha donde el efecto de los retornos decrecientes al agregado de insumos se hacen dominantes.

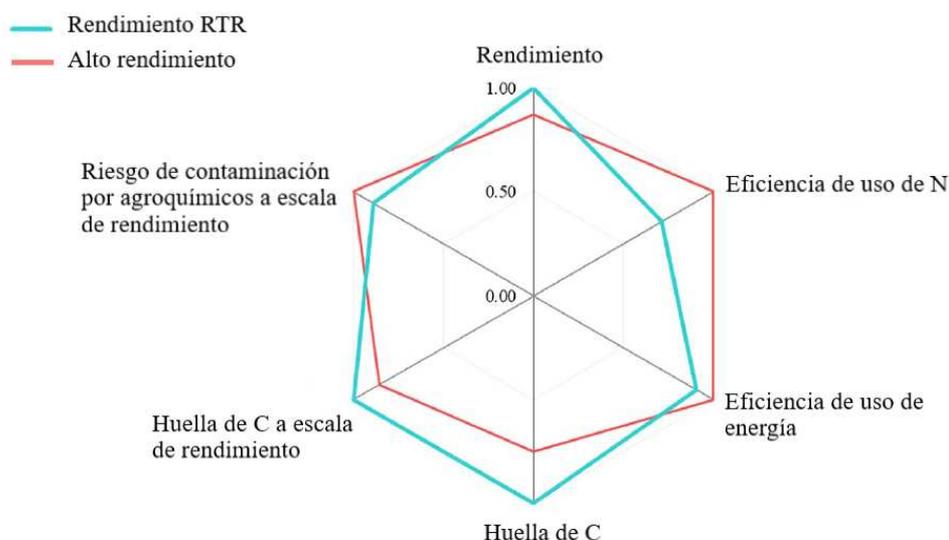


Figura 2. Comportamiento relativo de indicadores de eficiencia y ambientales de los de las tecnologías y manejos asociadas a los productores de arroz de alto rendimientos vs propuesta de manejo de mayor productividad.

CONCLUSIONES

Las tecnologías y variables de manejo asociadas con los productores de mayor rendimiento tuvieron a su vez mejor comportamiento en los indicadores de sostenibilidad analizados (eficiencia y ambiente). Indicando esto una oportunidad sustentable de acortamiento de la brecha de rendimiento entre productores. Esto constituye un pilar básico de la intensificación sustentable del sector arrocero nacional.

Un próximo paso de alternativas tecnológicas y de manejo para seguir aumentando aún más la productividad es posible, pero puede comprometer el desempeño de algunos indicadores de eficiencia y ambientales.

BIBLIOGRAFÍA

- Deambrosi, E.; Zorrilla de San Martín, G.; Lauz, M.; Blanco, P.; Terra, J. A.** 2019. Rompiendo el techo de rendimiento del cultivo de arroz. Montevideo: INIA, 2019. 104 p. (INIA Serie Técnica; 251)
- Pittelkow, C.M.; Zorrilla De San Martín, G.; Terra, J.A.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9, 10-18.
- Tseng, M.; Roel, A.; Deambrosi, E.; Terra, J.A.; Zorrilla De San Martín, G.; Riccetto, S.; Pittelkow, C.M.** 2020. Towards actionable research frameworks for sustainable intensification in high-yielding rice systems. *Scientific Reports* 10, 9975. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63251-w>