



**INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA**

URUGUAY



ARROZ 2022

Diciembre, 2022

**SERIE
TÉCNICA**

264

INIA

ARROZ 2022

Editores: José Terra *
Sebastián Martínez **
Clara Villalba ***
Belky Mesones ****

* Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director Sistema ARROZ-GANADERÍA.

** Ing. Agr. Dr. INIA. Sistema ARROZ-GANADERÍA.

*** Ing. Agr. INIA. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología.

**** Lic. Bibliotecología, Biblioteca INIA Treinta y Tres. (hasta febrero 2023)

Título: ARROZ 2022

Editores: José Terra, Sebastián Martínez, Clara Villalba, Belky Mesones.

Serie Técnica N° 264

© 2022, INIA

doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.264>

e-ISBN 978-9974-38-485-9

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Avda. Italia 6201, Edificio Los Guayabos, Parque Tecnológico del LATU, Montevideo,
Uruguay.
<http://www.inia.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Esta publicación no se
podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S.R.L.
Cassinoni 1629/804 - Teléfono 2402 2010
Montevideo - Uruguay

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr. José Bónica - Presidente

Ing. Agr. Walter Baethgen - Vicepresidente



**Ministerio
de Ganadería,
Agricultura y Pesca**

Ing. Agr. Martín Gortari

Ing. Agr. Rafael Normey



Ing. Agr. Alejandro Henry

Ing. Agr. Diego Bonino



CONTENIDO

	Página
PRÓLOGO	1
1. INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS. ZAFRA ARROCERA 2021-2022 F. Molina, M. A. Oxley, A. Roel, J. Terra.	3
2. SLI09193: PAUTAS PARA SU MANEJO AGRONÓMICO	7
C. Marchesi, F. Pérez de Vida, A. Roel.	
3. SLI09193: RESPUESTA A FECHAS DE SIEMBRA	11
F. Pérez de Vida.	
4. PRODUCTIVIDAD Y RESPUESTA A NITRÓGENO DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE LEGUMINOSAS INVERNALES INSTALADAS LUEGO DE LABOREOS DE VERANO	15
A. Bordagorri, J. A. Terra.	
5. RESPUESTA AL CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES DE TALLO Y VAINA EN INIA CUAREIM (SLI09197)	19
F. Escalante, S. Martínez.	
6. OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA REDUCIR BRECHAS DE RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY	23
G. Carracelas, N. Guilpart.	
7. SLI09193: NUEVA VARIEDAD ÍNDICA DE ALTO RENDIMIENTO	27
F. Pérez de Vida.	
8. EVALUACIÓN DE CULTIVARES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS EN ENSAYOS DE FAJAS	31
C. Marchesi, F. Molina.	
9. CARACTERIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE DEL RENDIMIENTO EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ DE INIA	35
I. Aguilar, L. Gutiérrez, F. Molina, F. Pérez de Vida, I. Rebollo, J. E. Rosas.	
10. PREDICCIÓN GENÓMICA DEL RENDIMIENTO DE ARROZ USANDO NORMAS DE REACCIÓN FRENTE A VARIABLES CLIMÁTICAS	39
I. Aguilar, L. Gutiérrez, F. Molina, F. Pérez de Vida, I. Rebollo, J. E. Rosas.	
11. INTENSIFICACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: BUSCANDO EL EQUILIBRIO EN LAS ROTACIONES ARROCERAS. PARTE 1: CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO	43
I. Macedo, C. M. Pittelkow, A. Roel, J. Terra.	
12. INTENSIFICACION Y SOSTENIBILIDAD: BUSCANDO EL EQUILIBRIO EN LAS ROTACIONES ARROCERAS. PARTE 2: ESTABILIDAD PRODUCTIVA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL	47
I. Macedo, C. M. Pittelkow, A. Roel, J. Terra.	
13. INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ARROZ URUGUAY EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL	51
G. Carracelas.	
14. NUEVOS CULTIVARES DE ARROZ EN VALIDACIÓN ZAFRA 2021-2022	55
A. L. Pereira, A. Pimienta.	

Página

15.	+ ARROZ + MARGEN TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA REDUCIR BRECHAS DE RENDIMIENTOS Y MEJORAR INGRESOS DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA RESUMEN ZAFRA 2021-2022	59
	M. E. Bica, L. Carmona, M. F. Fariña, A. Gussoni, G. Zorrilla.	
16.	+ ARROZ + MARGEN RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2021-2022 ZONA CENTRO Y NORTE	63
	M. E. Bica, L. Carmona, M. F. Fariña, A. Gussoni, G. Zorrilla.	
17.	+ ARROZ + MARGEN RESUMEN DE RESULTADOS ZONA ESTE ZAFRA 2021-2022	67
	M. E. Bica, L. Carmona, M. F. Fariña, A. Gussoni, G. Zorrilla.	
18.	DESARROLLO DE ENFERMEDADES DE TALLO Y VAINA DE ARROZ EN ROTACIONES CON SOJA	70
	S. Martínez, F. Escalante.	

PRÓLOGO

La Serie Técnica 264 de INIA resume varios avances de investigación en el cultivo de arroz en el marco de una segunda zafra consecutiva que supera las 9 t/ha. En la zafra 2021-2022 las actividades del Programa Arroz se realizaron nuevamente durante la pandemia, que felizmente parece estar quedando atrás. La Serie Técnica reporta anualmente resultados de investigación emergentes y también consolidados que son presentados en la jornada anual de arroz para consulta y referencia de quienes producen, asesoran y estudian.

Es una satisfacción que en 2022, y luego de más de dos años en la virtualidad, la jornada anual de presentación de resultados de arroz volvió a hacerse de forma presencial en el anfiteatro de la estación. Esta fue transmitida además por la web simultáneamente, manteniendo su carácter de actividad central y destacada de difusión del programa y de la estación. Como es habitual, fue organizada en distintos paneles temáticos con participación integral del equipo técnico del programa y colegas de otras instituciones que enriquecieron sus contenidos y las discusiones.

Esta publicación refleja los contenidos de las presentaciones brindadas en los cuatro módulos de la jornada «Tecnologías para sostener la alta productividad», realizada el 30 de agosto de 2022 en INIA Treinta y Tres¹. El primer módulo abarcó información analítica y recomendaciones de manejo para las nuevas variedades liberadas o en validación, con especial foco en el cultivar SLI09193 de ciclo medio, resistente a bruzone, de alto potencial de rendimiento y calidad tipo INIA Olimar. El segundo módulo se concentró en recomendaciones y criterios para el manejo eficiente y la optimización de la nutrición del cultivo, considerando los altos costos de los

fertilizantes para la próxima zafra. El tercer bloque trató temas de protección del cultivo, tanto durante la etapa de implantación del cultivo en épocas tempranas a través del uso de fitosanitarios y promotores del crecimiento en la semilla, así como en el manejo de las enfermedades en las etapas reproductivas. El último bloque abordó temas de sostenibilidad del cultivo y de los sistemas de producción, con foco en integrar aspectos productivos, económicos, de agroeficiencia, conservación de los recursos naturales (agua y suelo) y externalidades ambientales.

La publicación incluye también información generada por proyectos conjuntos o en acuerdos con otras instituciones como el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), la Asociación Cultivadores de Arroz (ACA), la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII), la Universidad de la República (UDELAR) y empresas privadas. Corresponde reconocer las valiosas contribuciones del personal de investigación, técnico y de apoyo de las estaciones experimentales y otras instituciones que hicieron posible este material de consulta.

En 2021-2022 se consolidó una buena zafra en términos productivo-económicos y de área sembrada que fue la segunda en importancia de producción total en la historia del país. El 90 % del área del cultivo fue sembrado en la época ideal de setiembre-octubre, con predominio de cultivares modernos de alta productividad, destacando nuevamente el cv. INIA Merín, con excelentes condiciones de radiación y temperatura durante la mayor parte del ciclo que resultaron en el segundo rendimiento histórico del

¹ Disponible en: <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-treinta-y-tres/Jornada-de-Arroz-2022>

país (9250 kg/ha). No obstante, la zafra no fue ajena a problemas climáticos asociados a las altas demandas y la sequía extrema en el centro y norte del país que afectaron reservorios, cauces de agua y dificultaron el riego en varias chacras, incluyendo el propio campo experimental de Paso Farías, donde se perdieron numerosos ensayos. Por otro lado, el incremento de costos de algunos insumos claves del cultivo desde fines del 2021 y comienzos del 2022, pone algunas interrogantes para la próxima zafra 2022-2023 para seguir apuntalando el crecimiento reciente.

En estos escenarios cambiantes y volátiles, desde el programa de investigación, ahora llamado «Sistema Arroz-Ganadería», redoblamos nuestro esfuerzo en generar conocimientos y tecnologías para la mejora de la productividad, la calidad y la sostenibilidad del sistema productivo. Es así que, durante 2020-2021 se publicaron varios trabajos científicos, sobre temáticas tan amplias como inocuidad del grano (arsénico-As), geotecnologías para riego en sistemas arroz-soja, dinámica y control de enfermedades en la rotación, agro-eficiencia e impacto ambiental. También el cultivar SLI09193 fue liberado como una nueva opción en acuerdo con el consorcio de semillerista de arroz integrado por la ACA y molinos. Además, en la zafra 2021-2022 se estabilizó la UPAG2 y comenzó a funcionar la comisión externa de apoyo y asesoramiento. En este contexto, se coordinaron y articularon acciones y actividades con la directiva de la ACA, los departamentos técnicos de los molinos, otros actores del sistema de ciencia y tecnología y tomadores de decisión de políticas públicas. Luego de que

en 2021 se realizara la ronda de consulta por las regionales de ACA, en 2022 se empezaron a formular nuevos proyectos para cumplir con el Plan Estratégico Institucional del INIA 2021-2025. Durante la zafra 2021-2022 se siguió apoyando y participando en el proyecto de transferencia de tecnología liderado por la ACA con participación del GMA, FLAR e INIA, cuyos resultados de la zafra son incluidos en esta publicación.

Vaya desde todo el equipo de INIA un especial saludo y reconocimiento, en este 2022, a la ACA por su 75 aniversario y a la empresa SAMÁN por sus 80 años de existencia.

En instancias de los desafíos, amenazas y oportunidades que se generan en un mundo siempre cambiante y en evolución, valoramos, como cada año, el apoyo de los principales actores sectoriales representados en la ACA, los departamentos técnicos de los molinos, otras gremiales y los Consejos Asesores Consultivos de las estaciones, a la investigación en ciencia y tecnología como herramientas estratégicas para la competitividad y el desarrollo.

Esperamos que los contenidos de esta publicación técnica vertidos en la jornada 2022 contribuyan a mantener el flujo de conocimientos, tecnologías e información hacia quienes producen, asesoran y toman decisiones relevantes en diferentes niveles de los sistemas de producción arroceros y para eventuales diseños de políticas públicas y sectoriales.

Buena lectura y mejor zafra 2022-2023.



Ing. Agr. Ph. D. José Terra
Director Sistema Arroz-Ganadería



Ing. Agr. Ph. D. Walter Ayala
Director Regional INIA Treinta y Tres

1. INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS. ZAFRA ARROCERA 2021-2022

F. Molina², M. Oxley³, A. Roel⁴ y J. Terra⁵

PALABRAS CLAVE: área, variedades, nitrógeno, fungicida, rendimiento.

Se agradece, muy especialmente, a la industria arrocera, productores y técnicos del Uruguay por brindar dicha información.

INTRODUCCIÓN

El sector arrocero ha logrado mantener la productividad por encima de las nueve toneladas en dos años consecutivos y en la zafra pasada alcanzó, según los datos relevados, los 9318 kg/ha. El Taller de Evaluación de Zafra se ha destacado como una actividad relevante del sector donde se pone a disposición información detallada acerca de las principales variables tecnológicas de la producción arrocera. Desde hace dos años hemos entendido que la información quede disponible en la serie técnica publicada de forma anual por el Programa Arroz del INIA. Del mismo modo, los cambios tecnológicos y productivos van quedando registrados en los resúmenes anuales publicados en la web.

La información presentada corresponde a datos proporcionados por seis industrias arroceras de Uruguay (Arrozal 33, CASARONE, Coopar, Damboriarena Ecosteguy, Adecoagro y SAMAN) que, en su conjunto, representan el 85 % del área. A partir de esta zafra la información de Arrozal 33 está incluida como un productor de SAMAN, por lo que usamos solo los datos de SAMAN. De todas

formas, valoramos enormemente el esfuerzo y la contribución que dicha empresa ha realizado a lo largo de los años con el Taller. El objetivo del trabajo ha sido, al igual que todos los años, consolidar la información recabada y contar con indicadores objetivos de las variables productivas más relevantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las industrias o empresas arroceras reportan anualmente un formulario con las variables de producción más importantes, entre ellas: rendimiento, aplicación de agroquímicos por principio activo, fertilización, etc. Dicha información se resume para luego ser presentada a nivel nacional y, cuando corresponde, se la agrupa de acuerdo con las tres zonas principales de producción: este, centro y norte. En la mayoría de los casos se hace referencia a las medias ponderadas en función de la producción o superficie de cada empresa. En algunas variables seleccionadas se presenta la tendencia histórica o el valor anual, según corresponda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de suelos del sistema arrocero del Uruguay ha transcurrido por algunos cambios a lo largo de estos últimos años. Si bien la

² F. Molina, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fmolina@inia.org.uy

³ M. Oxley, Técnico Agropecuario. Asistente de Investigación. INIA. aoxley@inia.org.uy

⁴ A. Roel, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. aroel@inia.org.uy

⁵ J. Terra, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. jterra@inia.org.uy

región este ha sido más marginal en el desarrollo de otros cultivos, la soja ha mostrado ser una de las pocas opciones viables en la coyuntura actual. El porcentaje de arroz sembrado sobre laboreo de verano bajó de 45 % a 33 %, lo que se explica básicamente por el aumento de la soja como antecesor del arroz. En la última zafra el área sembrada sobre soja se duplicó y, si los precios de la oleaginosa se mantienen y el uso de nuevas tecnologías -como de nivelación y drenaje- se incrementa, probablemente siga aumentando. El área de rastrojo de arroz se ha mantenido en torno a 30 % en promedio del país. Este valor enmascara las enormes diferencias que hay entre zonas arroceras, donde el norte supera el 50 % del área sembrada sobre rastrojo mientras que el este está por debajo del 25 %. Estos valores son muy importantes a la hora de caracterizar los sistemas y de entender la interacción con los resultados productivos (figura 1).

Por primera vez en la serie, el uso de K_2O (—kg/ha) superó al P_2O_5 (—kg/ha) lo

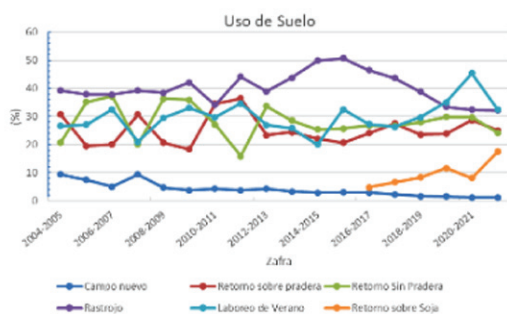


Figura 1. Uso de suelo promedio de los últimos años en el cultivo de arroz.

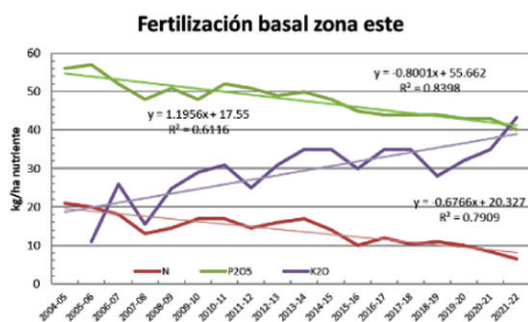


Figura 2. Fertilización a la base de macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) en kilos por hectárea en el cultivo de arroz en la zona este.

cual termina de marcar una tendencia que se venía dando hace muchos años. El uso de nitrógeno en la siembra continúa la tendencia a la baja, y alcanzó solamente 6 kg/ha.

Al igual que el uso de potasio, las coberturas nitrogenadas continúan en aumento en todo el país. Particularmente, en el este del país en 2004-2005 se usaba algo menos de 35 kg/ha de N. En 18 años, la dosis de N se ha más que duplicado, llegando a 90 kg/ha con una tasa de crecimiento de 6 kg/ha de urea anualmente. La tasa de incremento en N supera ampliamente a la tasa de incremento de rendimiento y, si bien las variedades nuevas tienen mayor potencial, es probable que el incremento sostenido del uso de N pueda llevar a una disminución en la eficiencia de uso del nutriente (figura 3).

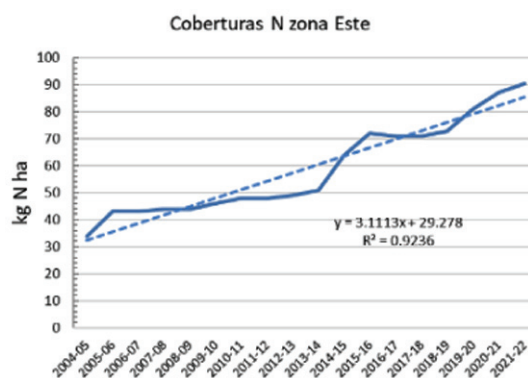


Figura 3. Cobertura nitrogenada en la zona este en kg/ha.

INIA Merín se consolida como la variedad más sembrada en todo el país y principalmente en la zona este. Con base en los resultados productivos de esta zafra, y para los sistemas en los que el agua no sea una limitante importante, se espera un aumento de área de este cultivar en la zona norte. Gurí INTA CL se posiciona como la segunda variedad más sembrada, alcanzando un 20 % del área. Dentro de calidad americana, INIA Tacuarí apenas supera el 5 % del área y se encuentra muy concentrada en la zona este, particularmente en el departamento de Rocha (figura 4).

El herbicida más usado de la serie sigue siendo Clomazone, donde se observa un leve incremento respecto a la zafra anterior y alcanzó un 66 % de área. En segundo lugar se encuentra el Cyhalofop con 16 % del área

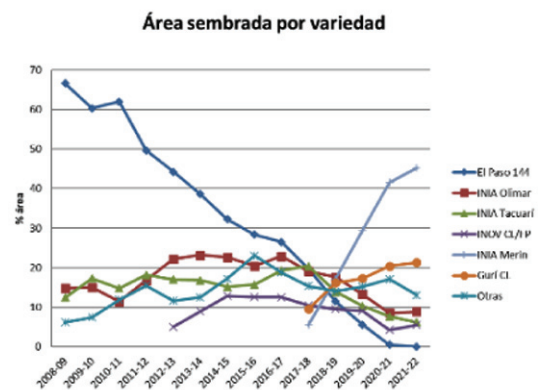


Figura 4. Porcentaje de área de las variedades e híbridos más sembrados.

del país. El uso de Quinclorac continúa la tendencia a la baja. Por sitio de acción, los inhibidores de la enzima ALS, Byspiribac, Imidazolinonas y Penoxulam, ocupan el 45 % del área y son el segundo grupo más usado después de Clomazone. Esta distribución, desde el punto de vista de resistencia a malezas, implica poca variabilidad de ingredientes activos y favorece así la selección de malezas resistentes (figura 5).

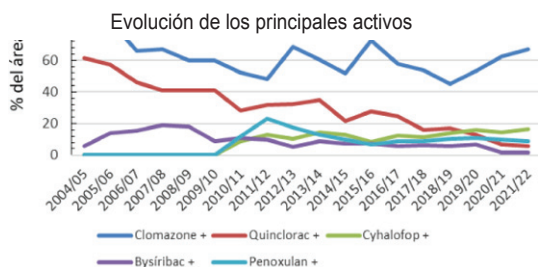


Figura 5. Porcentaje de área de los herbicidas más usados.

El uso de fungicidas llegó al 80 % del área del país, lo que significa un leve aumento en relación con la zafra pasada. Si bien el área de INIA Merin (variedad resistente a *Pyricularia*) ha aumentado, esto no ha implicado una baja en el uso de fungicida, básicamente debido a que su uso se ha focalizado en el control de enfermedades del tallo. Por otro lado, si bien no se presenta la gráfica, se pudo detectar un cambio importante en el uso de los principios activos en función de las restricciones acordadas por los molinos y productores para la zafra pasada, donde se

puede ver, por ejemplo, que el Ciproconazole pasó de 55 % a 0 % del área aplicada con fungicida (figura 6).

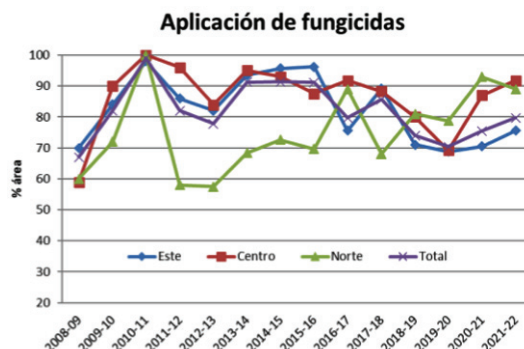


Figura 6. Porcentaje de área de fungicida total y por zona.

El uso de insecticidas en promedio del país ha bajado, básicamente explicado por la reducción en la zona este; sin embargo, en el centro y norte creció. Como ya se ha mencionado en otras oportunidades, dicha práctica se ha incrementado principalmente en el norte del país alcanzando el 60 % del área. Mantener estos valores lo más bajo posible y evitar las aplicaciones preventivas es sumamente importante para lograr el equilibrio de los sistemas y disminuir el impacto ambiental.

El rendimiento nacional alcanzó los 9318 kg/ha en promedio del país. La región este mantiene una tasa de crecimiento superior a las demás. Tanto el centro como el norte obtuvieron rendimientos algo inferiores (8790 y 9246 kg/ha respectivamente) probablemente explicados por la menor disponibilidad de agua de riego en algunas zonas, lo que llevó a pérdida de rendimiento.

CONCLUSIONES

El rendimiento promedio del país por segundo año consecutivo supera las nueve toneladas, lo cual ubica a Uruguay entre los países con más rendimiento del mundo, producto de la excelente combinación de tecnología, genética y ambiente. El sector ha trascendido por algunos cambios, entre los que se destacan el incremento de la fertilización nitrogenada y potásica así como la disminución del uso de fósforo. El cultivo de

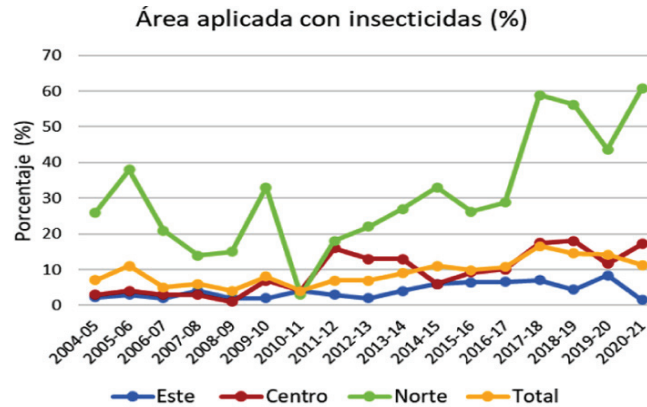


Figura 7. Porcentaje de área aplicada con insecticida por zona arroceras.

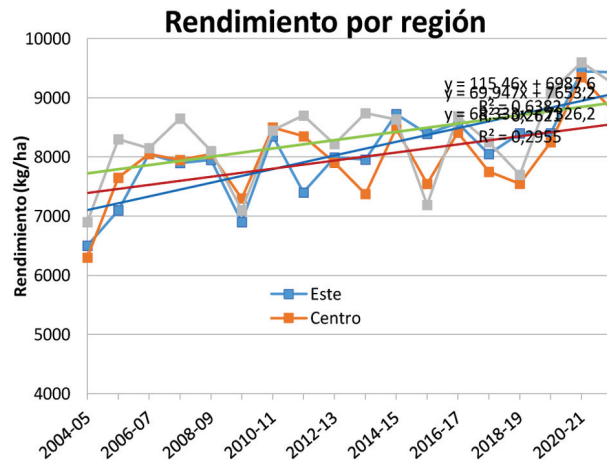


Figura 8. Rendimiento en kilos por hectárea para la zona este, centro y norte del país.

soja se ha establecido como un componente de la rotación con arroz y aumentó sensiblemente la superficie sembrada en rotación de arroz. El incremento del uso de INIA Merín como variedad de muy alto potencial es parte fundamental de los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Molina, F.; Roel, A.; Terra, J. A. 2020. Jornadas INIA. 16 taller de análisis tecnológico. *Arroz (ACA)*, 20(101) 26-29. Arroz 101- Web.pdf (aca.com.uy).
- Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A. 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. (Eds.) *Arroz 2019*. Montevideo: INIA, 2019. p. 1-3. (Serie Técnica INIA 250). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.250>
- Molina, F.; Terra, J. A.; Roel, A. 2021. Una medalla más para la producción nacional de arroz. *Arroz (ACA)*, 21(103): 68-69. Arroz103-WEB.pdf (aca.com.uy).

2. SLI09193: PAUTAS PARA SU MANEJO AGRONÓMICO

C. Marchesi⁶, F. Pérez de Vida⁷ y A. Roel⁸

PALABRAS CLAVE: arroz, fertilización, riego

INTRODUCCIÓN

SLI09193 es un nuevo cultivar liberado para su uso comercial a partir de la zafra 2022-2023 por parte del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) del INIA. Este cultivar ha sido evaluado extensivamente en el PMGA desde la zafra 2009-2010 en condiciones experimentales, en todas sus unidades experimentales (Paso de la Laguna, Treinta y Tres; Paso Farías, Artigas y Pueblo del Barro, Tacuarembó) así como en ensayos parcelarios en predios comerciales. Sus características agronómicas de mayor valor son: un ciclo intermedio -similar al de INIA Olimar- con reacción de resistencia frente a *Pyricularia* en un contexto de alto rendimiento potencial (por ejemplo 10 t/ha en áreas experimentales en nueve años y 9.3 t/ha en el área de validación en la zafra 2021-2022).

Sin embargo, más allá de la amplia disponibilidad de información generada en ensayos de evaluación genética y ante la posibilidad de su lanzamiento, se identificó la necesidad de generar información relevante para el manejo del cultivar en términos de densidad de siembra, nutrición nitrogenada y riego (consumo e impactos del retiro de agua próximo a la cosecha). En particular, el ajuste de variables culturales hace a la eficiencia productiva de un cultivar de alto rendimiento. Así mismo, la productividad física y su

calidad industrial son muy influenciadas por la finalización del riego y por el momento de cosecha. El cultivar SLI09193 tiene un ciclo diferente a los más recientemente liberados (INIA Merín e INIA Cuareim) por lo que es de interés precisar el efecto de estas variables de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2021-2022 se llevó adelante un ensayo en Pueblo del Barro, Tacuarembó (32° S 55° O), para evaluar la posible interacción de la densidad de siembra y la estrategia de fertilización nitrogenada de SLI09193. El diseño experimental fue de parcelas divididas en bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela grande fue el factor densidad de siembra (325 o 500 semillas viables/m²), y en la parcela menor se aleatorizaron los tratamientos de dosis total de nitrógeno (N). La determinación de los niveles de fertilización estuvo dada por el valor del análisis de suelo (PMN a la siembra) y recomendación de Fertiliz-Arr (indicador) como tratamiento de referencia, a partir del cual se establecieron dos niveles adicionales con +/-50 %. La dosis total de N (u/ha) estuvo compuesta por un fraccionamiento a macollaje y primordio de: 0+0 (testigo), 44+17 (medio), 88+25 (indicador según Fertiliz-Arr) y 131+40 (alto). La fecha de siembra fue el 26 de octubre de 2021, y

⁶ C. Marchesi, Ph. D. Investigadora Adjunta. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA.

⁷ F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fperez@inia.org.uy

⁸ A. Roel, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. aroel@inia.org.uy

el ensayo se estableció sobre un retorno de pradera de cuatro años y un cultivo de soja en el año previo. Se evaluó la implantación 15 días después de la siembra y la biomasa e índice verde (NDVI, iniciales en inglés de *Normalized Difference Vegetation Index*) en varios momentos del ciclo del cultivo. A la cosecha, se evaluó el rendimiento en grano (a 13 % de humedad), los componentes de rendimiento y el índice de cosecha (IC). Todas las demás variables de manejo estuvieron contempladas para lograr el máximo potencial del cultivar. La instalación de la lámina de riego se implementó el 6 de diciembre y la cosecha se realizó el 18 de marzo de 2022. El análisis estadístico desarrollado fue un ANOVA con parcelas divididas para lo que se utilizó Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

Por otra parte, en igual zafra (2021-2022) se realizó un ensayo en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna, Treinta y Tres (33° S 54° O) en el que se compararon los efectos del momento de cosecha y de retiro de agua en las variedades INIA Merín y SLI09193. El diseño experimental fue de parcelas subdivididas en bloques completos al azar con tres repeticiones. El factor principal o parcela grande fue el momento de finalización del riego con un total de cuatro tratamientos: tres retiros de agua (RA) realizados a los 15 días después del 50 % de floración (DDF) (RA1), 30 DDF (RA2), 45 DDF (RA3) y RA4 (tratamiento sin retiro de agua). La parcela dividida fue el momento de cosecha, que fue realizada a los 45 DDF, 60 DDF y 75 DDF. A su vez esta parcela fue dividida (parcela subdividida) con y sin aplicación de funguicida para control de enfermedades de tallos. La fecha de siembra del ensayo fue del 8 de

octubre y la emergencia se estableció el 28 de octubre. La inundación se realizó a los 20 días posteriores a la emergencia. El paquete de manejo de la fertilización y del control de malezas estuvo contemplado para lograr el máximo potencial del cultivar.

De este particular ensayo donde además se realizaron mediciones de agua en cada uno de los tratamientos, se seleccionaron los datos (momento de cosecha y de retiro de agua) en los que estas dos variedades tuvieron la mejor *performance* productiva y de calidad de grano, a los efectos de ilustrar el comportamiento distintivo entre ellas.

RESULTADOS

Densidad de siembra y fertilización nitrogenada

La implantación del ensayo fue excelente dadas las óptimas condiciones de la cama de siembra, la temperatura y la humedad, por lo que no se logró una diferencia significativa en el número de plantas recuperadas (240 vs 266 plantas por m²) en ambos tratamientos. Ninguna de las variables evaluadas mostró una respuesta por densidad de siembra. Por otra parte, la respuesta a fertilización nitrogenada presenta variaciones significativas; la evolución de índice verde del cultivo muestra una respuesta continua al agregado de N en todo el estadio reproductivo (primordio, 15 DDP y 50 % F) (cuadro 1). En el caso de biomasa la respuesta se estabiliza en las dosis más altas desde un estadio reproductivo temprano (15 DDP) y floración (50 % F), lo que indica una saturación luego de cierta

Cuadro 1. Biomasa producida e índice verde (NDVI) de SLI09193 entre primordio y 50 % de floración, Tacuarembó, zafra 2021-2022

Nitrógeno Mac-Prim	Biomasa Primordio	Biomasa 15DDP	Biomasa 50 % F	NDVI Primordio	NDVI 15 DDP	NDVI 50 %F
0	2038 c	5882 b	9245 b	0.60 c	0.61 d	0.64 d
44+17	2695 b	5922 b	12 314 a	0.74 b	0.72 c	0.72 c
88+25	2800 b	6833 a	13 677 a	0.79 a	0.76 b	0.76 b
131+40	3568 a	6608 ab	13 892 a	0.80 a	0.79 a	0.78 a

* Letras diferentes dentro de las columnas implican diferencias estadísticas según Fisher a 5 %.

dosis de N, sobre la cual no hay incrementos relevantes de biomasa.

El rendimiento en grano presenta productividades muy altas en todos los tratamientos, con un promedio general que superó las 12 t/ha (aproximadamente 30 % superior a la media nacional de la zafra). La respuesta al N agregado fue significativa, ya que presentó un máximo con el tratamiento indicador (dosis total recomendada por PMN y Fertilz-Arr). La dosis superior resultó en una disminución del rendimiento que no difiere estadísticamente de la previa (figura 1). No se obtuvieron diferencias relevantes en los parámetros de componentes del rendimiento, así como para el IC (datos no mostrados).

Manejo de riego: retiro de agua y momentos de cosecha

En el cuadro 2 se resumen los resultados comparativos de variedades de rendimiento en grano seco y limpio (SL) y sano seco y limpio (SSL) (kg/ha) y los consumos de agua y fechas de cosecha.

La variedad SLI09193 registró un rendimiento algo inferior (-2 %), y -asociado a su ciclo total más breve- una significativa reducción en los días de riego (17 días) y en consumo de agua (981 m³/ha) respecto a la variedad INIA Merín. Se destaca, a su vez, una cosecha óptima más temprana (28 días) de esta variedad. Cuando los rendimientos

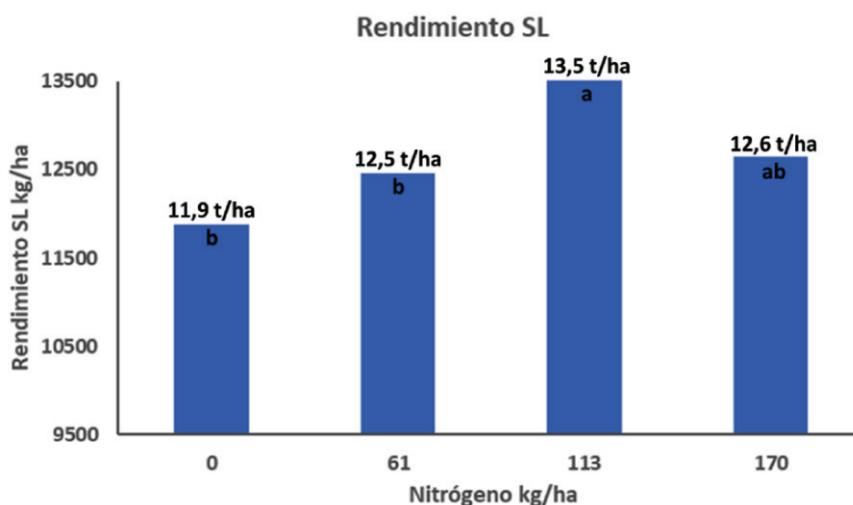


Figura 1. Rendimiento en grano seco y limpio del cultivar SLI09193, Tacuarembó, zafra 2021-2022.

Cuadro 2. Rendimiento arroz SL y SSL, días de riego, consumo de agua y eficiencia de uso del agua para los cultivares INIA Merín y SLI09193

Seco	SLI09193	INIA Merín	% Merín
Rendimiento (kg/ha)	11 784	11 988	(-204 kg/ha) -2 %
Días de riego	99	116	(-17 días) -15 %
Consumo agua (m ³ /ha)	6601	7582	(-981 m ³ /ha) -13 %
Cosecha	8 de marzo 2022	6 de abril 2022	28 días antes
kg arroz/m ³	1.79	1.58	+13 %
Sano, seco y limpio			
Rendimiento (kg/ha)	12 285	13 053	(-768 kg/ha) -6 %
kg arroz/m ³	1.86	1.78	=

son corregidos por calidad (porcentajes de humedad, verde, entero, blanco total, yesados) las diferencias productivas con Merín se amplían dados los excelentes niveles de porcentaje de blanco total registrados por esta variedad (datos no mostrados).

CONCLUSIONES

Los resultados presentados pueden ser considerados preliminares ya que se refieren a una zafra, sin embargo, se reportan como orientadores del manejo al que podría someterse la novel variedad. Por lo tanto, y a modo de resumen, se puede establecer que SLI09193 es un cultivar de:

- 1) Alta eficiencia productiva (rendimiento 2 % inferior a INIA Merín, pero ciclo 10 % más corto) con una respuesta a nitrógeno acorde a la recomendación por indicadores.
- 2) Menores requerimientos de riego: retiro de agua óptimo 45 días después de la floración, por ende, menos días de riego (-15

días) y menor consumo de agua (-980 m³/ha, -15 %) respecto a INIA Merín.

- 3) Cosecha más temprana: momento óptimo de cosecha 45 DDF (en siembras de octubre se tendrían cosechas en marzo, -28 días que INIA Merín en las condiciones de este ensayo).

BIBLIOGRAFÍA

- Carracelas, G.; Marchesi, C.; Roel, A.** 2020. Efecto del manejo del riego y momento de cosecha en el rendimiento del cultivar INIA Merín. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 89-92. (INIA Serie Técnica; 257) Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W.** 2015. Infostat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>

3. SLI09193: RESPUESTA A FECHAS DE SIEMBRA

F. Pérez de Vida⁹

PALABRAS CLAVE: arroz, ciclo intermedio, interacción genotipo por ambiente.

INTRODUCCIÓN

El nuevo cultivar SLI09193, desarrollado por el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) de INIA, fue liberado para su uso comercial en la zafra 2022-2023 en acuerdo con el Consorcio Nacional de Semilleros de Arroz, entidad que -mediante acuerdo con INIA- tiene la potestad de ser licenciataria primaria de los productos generados por el programa. Su desarrollo está asociado al primer componente del actual proyecto de Mejoramiento Genético de Arroz 2018-2023 que tiene por foco la obtención de cultivares de alto potencial de rendimiento en el segmento de arroces de granos largo-fino. La importancia estratégica de SLI09193 -luego del lanzamiento de variedades de muy alto potencial como INIA Merín (2015) e INIA Cuareim (2021)- está dada por hacer disponible un cultivar de ciclo intermedio, con resistencia a *Pyricularia*, alto potencial de rendimiento y adecuada calidad industrial. Seguramente su segmento en el mercado se establezca en situaciones con restricciones en la disponibilidad de agua de riego, así como en el acompañamiento de los mencionados cultivares de alta productividad y ciclos largos, permitiendo una mayor plasticidad en el diseño de estrategias de siembra, cosecha y recibo industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

SLI09193 es un cultivar seleccionado de una población desarrollada localmente a partir del cruzamiento L1435-INIA Cuaró//

FL00144-1P-24-1P realizado en 2003. La población segregante se condujo por el método de pedigrí durante las seis zafas siguientes en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL) de INIA Treinta y Tres, llegando a la generación F7 -primer año de evaluación parcelaria- en la zafra 2009-2010. La evaluación en UEPL se realizó en ensayos con diseños de bloques completos al azar, con dos repeticiones en Estadio 1, tres repeticiones en Estadios 2 y 3, y cuatro repeticiones en Evaluación Final. El establecimiento de los ensayos se realizó sobre una rotación de tres años de pradera por lo que la fertilización nitrogenada varió entre 120 y 150 kg de urea/ha -desde 2015 se incorpora el criterio de la aplicación Fertiliz-Arr de INIA-, mientras que los macronutrientes P y K se agregaron según análisis de suelos. Debido a la incidencia de granizo en UEPL en algunos ensayos de la zafra 2009-2010, la evaluación de rendimiento se materializó en las tres zafas siguientes: 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013 (ensayos con fechas de siembra de 12/11, 3/11 y 18/10 respectivamente). En ese período mientras que los cultivares testigos El Paso 144 e INIA Olimar rindieron 10.84 t/ha y 11.35 t/ha, respectivamente, el rendimiento promedio de SLI09193 fue 11.92 t/ha. Considerando tanto su alta productividad como resistencia a *Pyricularia* fue seleccionada para continuar en etapa de Evaluación Final durante las zafas siguientes. En el período 2013-2014 a 2021-2022 se incluyó en instancias de ensayos de Evaluación Final en UEPL. En dicha fase de evaluación se realizaron siembras tempranas (1 al

⁹ F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fperez@inia.org.uy

20 de octubre), intermedias (21 de octubre a 15 de noviembre) y tardías (posteriores a mediados de noviembre). Ese conjunto de datos se utiliza en el presente análisis de modo de cuantificar la respuesta a fecha de siembra de esta novel variedad, en comparación con las variedades comerciales en uso actual como INIA Merín e INIA Cuareim.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El rendimiento medio de los cultivares, reportado en el cuadro 1, es el resultante de la exploración de la mencionada amplia ventana de siembra (octubre-diciembre). En dicho contexto los cultivares de ciclo mayor, por

ejemplo INIA Merín y El Paso 144, presentan rendimientos menores a sus potenciales máximos, aunque SLI09197-INIA Cuareim es la de mayor productividad con 9828 kg/ha. En el caso de SLI09193 no se diferencia significativamente de INIA Cuareim ni de INIA Olimar (cuadro 1 y figura 1).

La respuesta de SLI09193 a fechas de siembra en ese rango de tiempo es de una significativa pérdida de potencial con el atraso en la siembra de 39 kg/ha/día ($P=0.0008$, ajuste lineal) (cuadro 2). Como se aprecia en la figura 1, los rendimientos de las últimas fechas de siembra (diciembre) inducen al ajuste de un modelo lineal o cuadrático con una caída pronunciada en el potencial.

En igual ventana de siembra la tasa de pérdida de potencial en cultivares altamente

Cuadro 1. Medias ajustadas por mínimos cuadrados de rendimiento (kg/ha) de variedades en ensayos de fecha de siembra (octubre a diciembre, UEPL, serie 2013-2014 a 2021-2022).

Cultivar		Rendimiento (kg/ha)
SLI09197	a	9828
SLI09193	a b	9708
INIA Olimar	b c	9272
INIA Merín	c d	8881
El Paso 144	d	8390

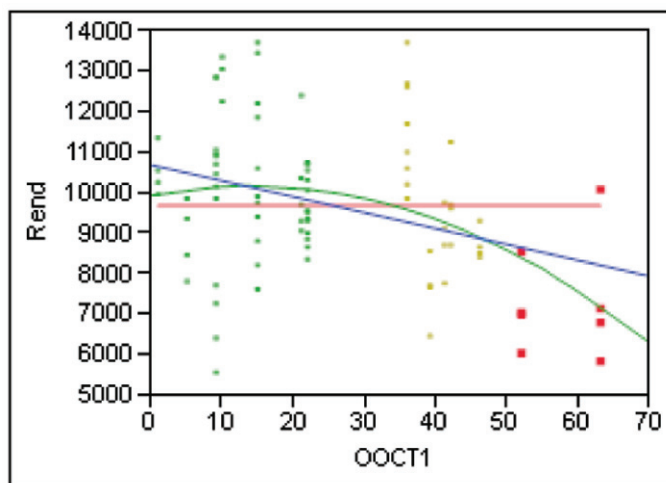


Figura 1. Rendimiento en SLI09193 según fechas de siembra (días después de 1.º de octubre) en UEPL, serie 2013-2014 a 2021-2022.

Cuadro 2. Modelo de ajuste lineal de rendimiento según fecha de siembra en SLI09193, período 1.º de octubre a 10 de diciembre

Término	Estimado	Error estándar	Estadístico t	Prob.> t	Media (kg/ha)	9709
Intercepto	10 676.6	332.8	32.08	<0.0001*	Desv. Est. [RMSE]	1842
ddOCT1	-39.0	11.2	-3.47	0.0008*	Error Est.	193

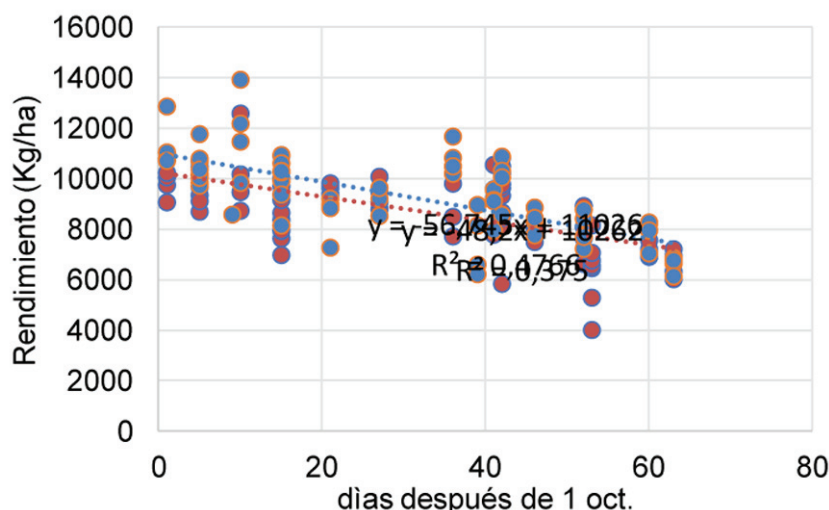


Figura 2. Regresión de rendimiento (kg/ha) de INIA Merín e INIA Cuareim según fecha de siembra en UEPL, serie 2013-2014 a 2021-2022.

productivos y ciclos largos (INIA Merín o INIA Cuareim) son de mayor magnitud (-48** y -57** kg/ha/día respectivamente) (figura 2). Estas dos variedades de ciclo a floración significativamente mayor capitalizan su muy alto potencial de rendimiento en siembras tempranas (Pérez de Vida, 2020a y 2020b).

En SLI09193, considerando una ventana de siembra acotada hasta 45 días posteriores al 1.º de octubre, el modelo de ajuste predice un coeficiente de -20,9 kg/ha/día con P=0.15 (no significativo), por lo cual, se considera que el rendimiento se mantiene estable sin variaciones resultantes de la fecha de siembra. El menor ciclo a floración, así como una

madurez de menor duración, explican dicho comportamiento en este cultivar.

En siembras tempranas -primeros 20 días de octubre- la media esperada es de 10 330 kg/ha, sin diferencias significativas con las obtenidas en siembras intermedias (20 de octubre a 15 de noviembre) (datos no mostrados). Por otra parte, respecto a INIA Cuareim, el rendimiento de SLI09193 superaría al de la variedad de ciclo largo en siembras de noviembre.

La duración del ciclo «siembra-50 % de floración» no presenta variaciones significativas según fecha de siembra de acuerdo con la regresión reportada en figura 3b. Sin

Cuadro 3. Modelo de ajuste lineal de rendimiento según fecha de siembra en SLI09193, período 1.º de octubre a 15 de noviembre.

Término	Estimado	Error estándar	Estadístico t	Prob.> t	Media (kg/ha)	9924
Intercepto	10 376	365	28.4	<0.0001*	Desv. Est. [RMSE]	1738
ddOCT1	-20.9	14.42	-1.45	0.1514	Error Est.	190

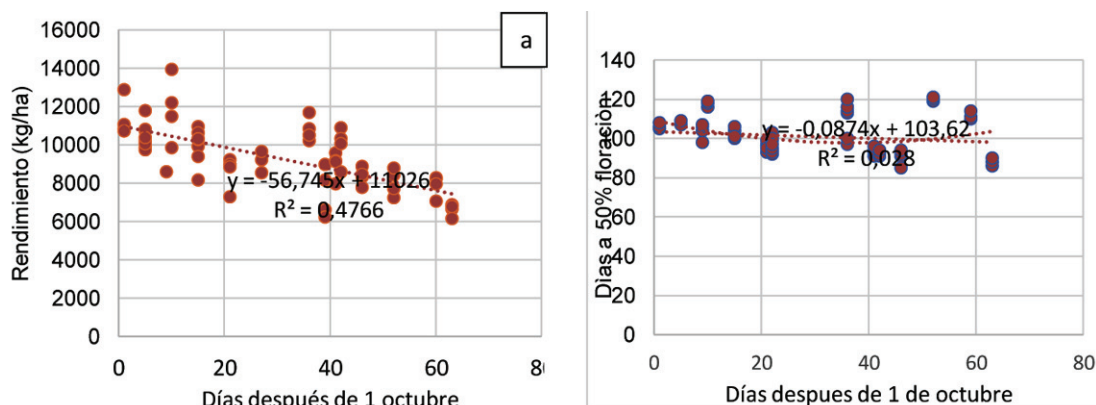


Figura 3. a) Rendimiento en fechas de siembra, SLI09193 e INIA Cuareim, UEPL 2013-2014 a 2021-2022. b) Ciclo de floración según fechas de siembra en UEPL, en SLI09193, serie 2013-2014 a 2021-2022.

embargo, el modo de evaluación considerando la fecha de siembra y no la fecha de emergencia seguramente introduce variaciones en el tiempo siembra-emergencia dependiendo de la humedad disponible en suelo u ocurrencias de lluvias que no pueden ser removidas en el análisis de regresión. Como se menciona en el artículo de esta serie «SLI09193: nueva variedad indica de alto rendimiento», la media de días a 50 % floración es de 100 días.

CONCLUSIONES

SLI09193 es un cultivar que expresa un alto rendimiento (10 t/ha) en un amplio rango de fechas de siembra en el este del país; en particular, permite la ampliación de la ventana de siembra a la primera mitad del mes de noviembre con rendimientos competitivos

frente a cultivares de ciclo largo -por ejemplo INIA Merín o INIA Cuareim-, a su vez, permite una cosecha anticipada en relación con aquellos.

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez de Vida F.** 2020a. INIA Merín: ¿Cuándo sembrar para maximizar su potencial? In: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds). Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 23-26. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>
- Pérez de Vida F.** 2020b. Nuevo cultivar promisorio: SLI09197 alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. In: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds). Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 27-30. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

4. PRODUCTIVIDAD Y RESPUESTA A NITRÓGENO DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE LEGUMINOSAS INVERNALES INSTALADAS LUEGO DE LABOREOS DE VERANO

A. Bordagorri¹⁰ y J. A. Terra¹¹

PALABRAS CLAVE: respuesta a nitrógeno, rendimiento, rotación.

INTRODUCCIÓN

Entre 50 % y 60 % del arroz de Uruguay se siembra sobre retornos de pasturas cultivadas o regeneradas y su productividad es de 10 % a 15 % más que sobre rastrojos (Molina *et al.*, 2022). La alternancia del uso del suelo con la ganadería es clave en la sostenibilidad de los sistemas arroceros (Macedo *et al.*, 2022). Entre el fin de una fase pastoril y el inicio de una fase agrícola se recomienda anticipar el laboreo, nivelar y sistematizar el suelo en el verano previo para facilitar la siembra del arroz en la época ideal de septiembre u octubre. Esta práctica, con algunas variantes, se usa del 30 % al 35 % del área cultivada.

El periodo otoño-invernal, entre el laboreo de verano y la siembra del arroz, puede aprovecharse para instalar un cultivo de cobertura que proteja el suelo de la degradación, retenga o fije nitrógeno en el sistema y eventualmente genere una renta extra entre otros servicios. El raigrás anual es la cobertura más habitual por costos, adaptación y potencial productivo para producir carne bajo pastoreo. Por otro lado, algunas leguminosas anuales invernales mediante su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico en su simbiosis con rizobios pueden contribuir a reducir el uso de fertilizantes nitrogenados en el arroz.

Trabajos preliminares sugieren que el rendimiento del arroz sobre antecesores de trébol rojo o alejandrino, instalados sobre laboreos de verano o soja, fue mayor que sobre antecesores de raigrás o vegetación espontánea, independientemente del agregado de nitrógeno (Terra *et al.*, 2010, Castillo *et al.*, 2020).

La hipótesis de este trabajo fue que las leguminosas anuales invernales sobre laboreo de verano permiten aumentar la productividad del arroz subsiguiente y reducir sus requerimientos de nitrógeno respecto a situaciones de raigrás o vegetación espontánea sin pastoreo. El objetivo fue evaluar la respuesta productiva y la eficiencia de uso del nitrógeno en el cultivo de arroz con y sin agregado de éste sobre cinco antecesores invernales generados a partir del laboreo de verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron dos ensayos en una rotación estable de tres años de pasturas y un año de arroz en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA durante las zafas 2020-2021 (Brunosol Subeutrico Lúvico) y 2021-2022 (Solod Melánico). Cada experimento consistió en un arreglo factorial de cinco coberturas invernales sobre el laboreo de

¹⁰ A. Bordagorri, Técnico Agropecuario. Asistente de Investigación. INIA. abordagorri@inia.org.uy

¹¹ J. Terra, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. jterra@inia.org.uy

verano y dos niveles de N en el arroz sembrado sobre ellas. Se usó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Las coberturas (parcelas mayores) consistieron en: a) vegetación espontánea; b) raigrás anual (20 kg/ha); c) trébol alejandrino (15 kg/ha); d) trébol persa (6 kg/ha); e) mezcla de raigrás (12 kg/ha) y trébol alejandrino (8 kg/ha). Los tratamientos de N (parcelas menores) fueron: a) testigo sin N; b) dosis de N en base al potencial de mineralización del suelo.

El laboreo se realizó en marzo con discos y landplane, previa aplicación de herbicidas para control de la vegetación. Las leguminosas, el raigrás y la mezcla se sembraron al voleo los primeros días de mayo y se fertilizaron con 20 kg/ha de P_2O_5 . El cv. INIA Merín (140 kg/ha de semilla) se instaló con siembra directa el 30/10/2020 y 20/10/2021. La fertilización basal ($N_{50}-P_{20}-K_{20}$) fue ajustada en base a análisis de suelo. Las malezas se controlaron con aplicaciones preemergencia y postemergencia a V4 previo a inundar. No se aplicaron fungicidas.

El ajuste de la dosis de N se hizo en base al potencial de mineralización de N del suelo (0-15 cm) de las parcelas con vegetación espontánea previo a la siembra del arroz. El N fue aplicado fraccionado a V4 en suelo seco y a R0 en suelo inundado (25 + 81 kg N/ha en 2020; 82 + 25 kg N/ha en 2021). La biomasa y el contenido de N de las coberturas se cuantificó al fin del invierno previo al control con herbicidas. Se determinaron componentes de rendimiento, biomasa y contenido de N en grano y rastrojo de arroz a madurez fisiológica. El rendimiento fue medido con cosechadora experimental (2.05 x 6.5 m) y el peso de grano ajustado a 13 % humedad.

Las respuestas agronómicas fueron evaluadas con modelos mixtos, donde las coberturas, las dosis de N y sus interacciones se consideraron como efectos fijos, mientras que los bloques, los años y la interacción de estos con las coberturas como efectos aleatorios. Para determinar la significación estadística de los efectos fijos se utilizó una prueba F con un $P=0.05$.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El raigrás triplicó la biomasa acumulada por la vegetación espontánea al fin del invierno (1220 kg/ha de MS). La biomasa de trébol alejandrino fue 20 % menor a la de raigrás (3720 kg/ha), pero fue 30 % mayor a la de trébol persa y similar a la mezcla de raigrás-alejandrino (2880 kg/ha de MS). La producción de biomasa del trébol alejandrino y raigrás sobre laboreo de verano fue 43 % y 133 % mayor que la media reportada para estas especies (2110 y 1615 kg/ha de MS, respectivamente) sobre distintos rastrojos (arroz, soja y sorgo) en un experimento de largo plazo aledaño (Macedo *et al.*, 2021). El contenido de N en los tejidos de trébol alejandrino y trébol persa al fin de su ciclo fue estimado en 95 y 74 kg/ha de N, respectivamente.

Las condiciones climáticas de ambas zafas fueron favorables para la expresión del potencial de rendimiento del cultivo de arroz (11 470 kg/ha); especialmente en 2020-2021 (12 680 kg/ha). Hubo efectos tanto del antecesor invernal como del agregado de nitrógeno sobre el rendimiento, aunque la interacción no fue significativa (figura 1). El rendimiento sobre leguminosas (12 180 kg/ha) fue 5 % y 19 % mayor que sobre vegetación espontánea y raigrás respectivamente. Aunque la mezcla de raigrás con una leguminosa incrementó 11 % la productividad del arroz respecto al antecesor raigrás (10 215 kg/ha), esta fue menor que sobre las leguminosas puras. La mayor respuesta productiva del arroz al agregado de N fue observada sobre el antecesor raigrás (1240 kg/ha), mientras que la misma no fue significativa sobre antecesores con leguminosas puras o vegetación espontánea. El agregado de N al arroz instalado sobre la mezcla de raigrás y trébol alejandrino tuvo una tendencia ($P=0.06$) a incrementar su productividad en 850 kg/ha. El efecto favorable de antecesores de leguminosas anuales sobre el rendimiento de arroz respecto al raigrás o la vegetación espontánea, particularmente sin pastoreo, coincide con trabajos previos en similares condiciones en el país (Terra *et al.*, 2010 y

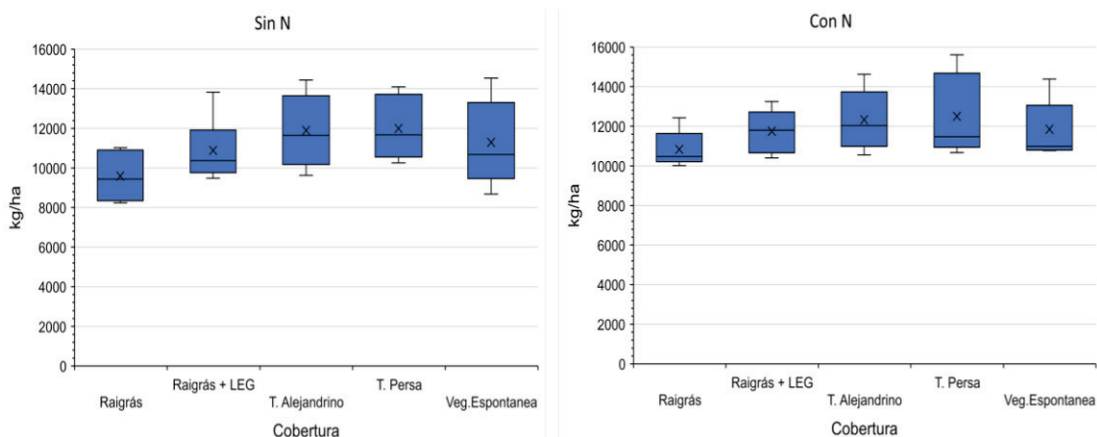


Figura 1. Rendimiento del cultivo de arroz con y sin agregado de N sobre cinco antecesores invernales (raigrás, raigrás+leguminosa, trébol alejandrino, trébol persa y vegetación espontánea) generados luego del laboreo de verano durante dos zafas en Paso de la Laguna.

Castillo *et al.*, 2020) y la región (Nunes Dos Santos *et al.*, 2019).

La biomasa del arroz sobre leguminosas (19 945 kg/ha de MS) fue 24 %, 10 % y 8 % mayor que sobre raigrás, mezcla de raigrás+leguminosas y vegetación espontánea respectivamente. En promedio, el arroz con N tuvo 12 % más biomasa respecto al testigo sin N (17 500 kg/ha de MS).

No hubo diferencias en el índice de cosecha del arroz entre coberturas (IC: 55 %), aunque el arroz fertilizado con N tuvo una tendencia a menor IC (53 %) que el testigo sin N (56 %).

La absorción total de N del cultivo de arroz sin fertilizante N sembrado sobre leguminosas (207 kg/ha de N) fue 38 % y 11 % mayor que sobre raigrás y vegetación espontánea respectivamente. La mayor eficiencia interna de utilización del N (kg grano/kg N absorbido) fue registrada en el arroz sobre raigrás (64 kg/kg) y la menor en el arroz sobre trébol alejandrino (58 kg/kg). Si bien el arroz sobre leguminosas aumentó la absorción de N con el agregado de fertilizante, esto no se tradujo en aumento significativo de rendimiento, por lo tanto, la eficiencia interna de uso de N disminuyó.

CONCLUSIONES

Las coberturas de leguminosas invernales instaladas sobre el laboreo de verano tienen potencial para suministrar entre 70-100 kg/ha de nitrógeno biológico en su biomasa al sistema en los 4-5 meses de crecimiento previo a la siembra del arroz.

El potencial de rendimiento del arroz sobre leguminosas fue mayor que sobre raigrás y tuvo también una tendencia respecto a la vegetación espontánea. El arroz sobre leguminosas no respondió al agregado de nitrógeno, representando un ahorro genuino de 105 kg/ha de N, que a los precios actuales de la urea implican USDH≈200 sin considerar el costo de las aplicaciones.

Si bien el arroz sobre raigrás fue el que tuvo mayor respuesta al agregado de N, el nutriente solo no logró corregir totalmente la brecha respecto al arroz sobre leguminosas. Esto sugiere que el raigrás anual (sembrado o espontáneo) sobre laboreo de verano invernal en situaciones sin pastoreo no parece ser el mejor antecesor del arroz por lo que se necesitan alternativas para su manejo.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J.; Macedo, I.; Silva, L.; Castillo, G.; Terra, J.A.** 2020. Productividad y eficiencia de uso del N del cultivo de arroz sobre diferentes antecesores invernales y dosis de N. In: Terra, J.A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 64-66. (Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>
- Macedo, I.; Roel, A.; Velazco, J.I.; Bordagorri, A.; Terra, J.A.; Pittelkow, C.M.** 2022. Intensification of rice-pasture rotations with annual crops reduces the stability of sustainability across productivity, economic, and environmental indicators. *Agricultural Systems*, 202, 103488. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.agsy.2022.103488>
- Macedo, I.; Roel, A.; Ayala, W.; Pravia, M.V.; Terra, J.A.; Pittelkow, C.M.** 2021. Irrigated rice rotations affect yield and soil organic carbon sequestration in temperate South America. *Agronomy Journal*, 114 (2): 961–975. Doi: <http://doi.org/10.1002/agj2.20964>
- Molina, F.; Terra, J.A.; Oxley, A. M.; Marella, M.; Casterá, F.; Platero, A.; García, F.; Rovira, G.; Escosteguy, C.** 2022. Indicadores tecnológicos-productivos zafra arroceras 2020-2021. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.) Arroz 2021. Montevideo: INIA, 2022. p. 1-5. (INIA Serie Técnica; 262). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.262>
- Nunes Dos Santos, R.; Morais Cardoso, L.; Spinelli, G.; Kuhn Da Trindade, J.** 2019. Impacto da leguminosa trevo-persa no aumento da eficiência da adubação nitrogenada no cultivo de arroz irrigado em sucessão. In Conference: XI Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado. Balneário Camboriú, SC, Brazil.
- Terra, J.A.; Sánchez, A.; Méndez, R.; Deambrosi, E.** 2010. Efecto de cultivos de cobertura invernal sobre la respuesta a N en el cultivo de arroz en siembra directa. In: INIA Treinta y Tres. Arroz: Resultados Experimentales 2009-2010. cap. 3. p. 9-20 (INIA Serie Actividades de Difusión; 611).

5. RESPUESTA AL CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES DEL TALLO Y VAINA EN INIA CUAREIM (SLI09197)

F. Escalante¹² y S. Martínez¹³

PALABRAS CLAVE: fungicida, momento, dosis.

INTRODUCCIÓN

Las principales enfermedades del cultivo de arroz en Uruguay son el brusone y el complejo de las llamadas enfermedades de tallo y vaina del arroz. En los últimos años desde INIA se han hecho esfuerzos para que los cultivares liberados posean resistencia completa en hoja y cuello a brusone. Así todos los cultivares liberados recientemente en evaluación final para granos largos y finos poseen resistencia a esta enfermedad mediante la incorporación de uno o más genes de resistencia. Este es el caso de INIA Cuareim (SLI09197), cultivar de muy alto potencial de rendimiento, ciclo largo y resistente a *Pyricularia oryzae* liberado recientemente por INIA (INIA 2022). Sin embargo, no se conoce resistencia o genes de resistencia completa para los organismos causantes de las enfermedades de tallo y vaina, cómo son la podredumbre tallo y el manchado de vainas. Así, las medidas de manejo para este complejo de enfermedades pasan por un correcto uso del suelo y los insumos, principalmente manejo de la fertilización y densidad de siembra. Además, muchas de las medidas de manejo conducentes a obtener buenos rendimientos también pueden favorecer el desarrollo de algunas enfermedades. Por esto, las medidas de control químico, como el uso de fungicidas, son evaluadas para aplicar en

situaciones en que sea necesario el uso de este control químico. Cuando son liberados nuevos cultivares, como INIA Cuareim, se evalúa el uso de fungicidas de acuerdo a momentos, productos y dosis óptimas a utilizar y que sean las más eficientes para el control de estas patologías.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el control de las enfermedades de tallo y vaina y su respuesta en rendimiento de grano en INIA Cuareim. En este experimento realizado en dos zafras se compararon momentos de aplicación, número de aplicaciones, productos y dosis de INIA Cuareim en comparación con INIA Merín, cultivar con características similares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron durante dos zafras en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna. Las parcelas fueron sembradas con una sembradora experimental para cada uno de los tratamientos con un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos realizados consistieron en la aplicación de dos productos (azoxistrobin + ciproconazol y azoxistrobin + ciproconazol + prothioconazol) cinco momentos (sin aplicación, embarrigado, inicio de floración, inicio de doblado y embarrigado

¹² F. Escalante, Técnico Agropecuario. Asistente de Investigación Senior. INIA Treinta y Tres. fescalante@inia.org.uy

¹³ S. Martínez, Dr. Investigador Principal. Laboratorio de Patología Vegetal, INIA Treinta y Tres. smartinez@inia.org.uy

+ inicio de floración. Se realizó manejo general del cultivo y fertilización basado en el programa Fertiliz-Arr. Las enfermedades de tallo y vaina fueron evaluadas previo a la cosecha. El análisis estadístico de los datos se trató mediante un GLM, con el procedimiento GLIMMIX, en el paquete estadístico SAS 9.4.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para ambas zafas se observaron valores medios de podredumbre de tallo en ambos cultivares. Se encontraron diferencias entre los cultivares para rendimiento ($P < 0.0001$). Para podredumbre de tallo, no se encontraron diferencias significativas en severidad total entre ambos cultivares, pero sí para tallos gravemente afectados ($P = 0.0017$). Sin embargo, existieron diferencias entre ambos años del experimento.

En el análisis para INIA Cuareim se encontraron diferencias entre años para incidencia ($P = 0.0012$), severidad ($P < 0.0001$) y porcentaje de tallos gravemente afectados ($P < 0.0001$) por podredumbre de tallos. Asimismo, se encontraron diferencias entre años para incidencia ($P = 0.029$) y severidad ($P = 0.045$) de manchado de vainas. Sin embargo, los valores para esta patología fueron muy bajos en ambos años.

En la zafra 2020-2021 la severidad fue

afectada ($P = 0.002$) por el momento de aplicación. Los valores más bajos, independientemente del producto utilizado, se observaron con las aplicaciones en inicio de doblado y doble aplicación (figura 1). Para la zafra 2021-2022 no se encontraron diferencias entre momentos de aplicación ($P = 0.058$), con valores finales más heterogéneos, pero la mayor severidad se observó en el tratamiento sin aplicación (66.2 %) y el menor (52.2 %) en doble aplicación (figura 1).

El porcentaje de tallos gravemente afectados (grado alto) por podredumbre de tallos -aquellos que más afectan el rendimiento final- no fue diferente entre momentos de aplicación en 2021 ($P = 0.262$) donde se observaron porcentajes muy bajos para todos los tratamientos. Sin embargo, varió en 2022 ($P = 0.009$), donde se observó una disminución del porcentaje de tallos afectados en todos los tratamientos con aplicación de fungicida (figura 2).

Los rendimientos fueron altos y similares ($P = 0.805$) para ambas zafas, con promedios de 11 026 Kg/ha en 2021 y de 11 107 kg/ha para 2022. Se encontraron diferencias entre tratamientos solo para 2022 ($P = 0.009$), cuando los rendimientos fueron más homogéneos. Para peso de mil granos se encontró diferencias entre años ($P < 0.0001$) pero no para momentos de aplicación ($P = 0.218$). Igualmente, se encontraron diferencias entre

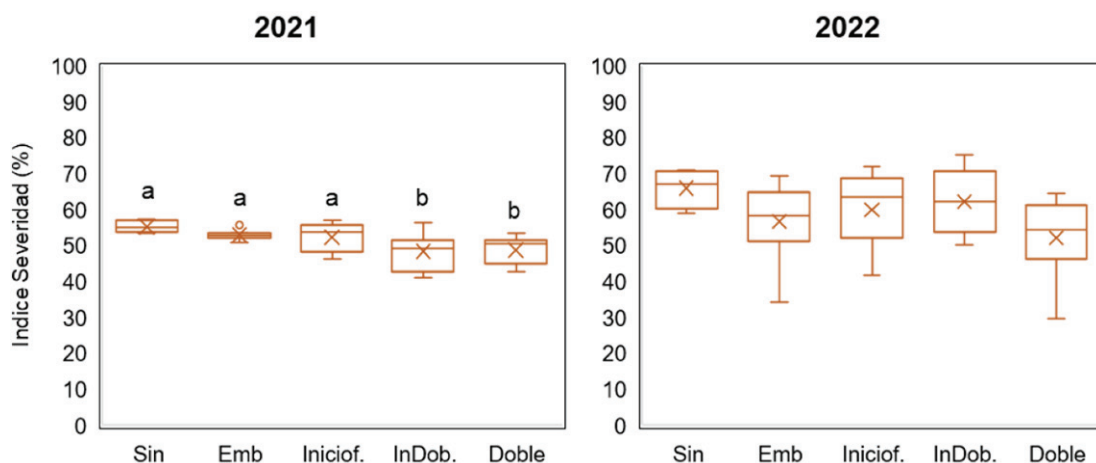


Figura 1. Severidad de podredumbre de tallo (%) según momento de aplicación de fungicida para las zafas 2020-2021 y 2021-2022. Momentos de aplicación: Sin= sin aplicación, Emb= embarrigado, Inicof= inicio de floración, InDob= inicio de doblado, y Doble= doble aplicación. Letras diferentes dentro de cada zafra indican diferencias a $P < 0.05$.

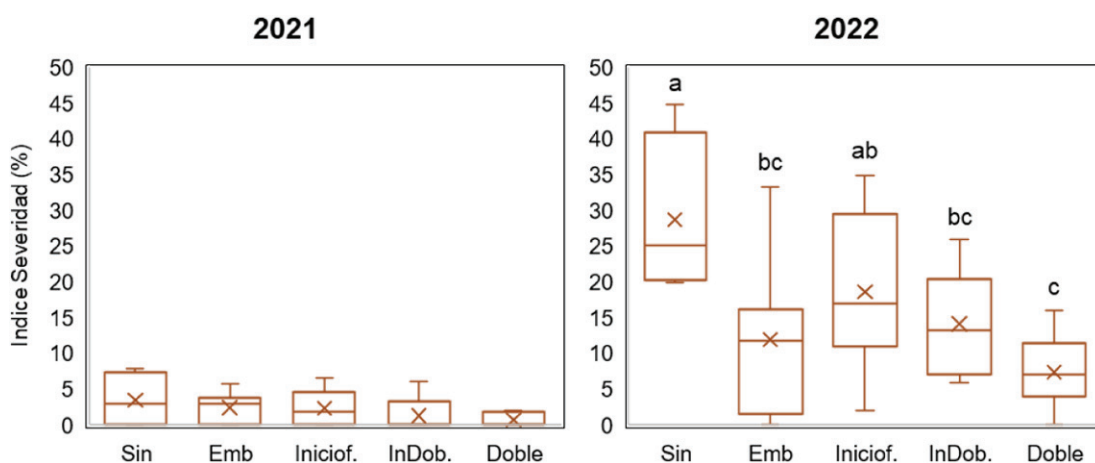


Figura 2. Porcentaje de tallos severamente afectados por podredumbre de tallo (%) según momento de aplicación de fungicida para las zafras 2020-2021 y 2021-2022. Momentos de aplicación: Sin= sin aplicación, Emb= embarrigado, Iniciof= inicio de floración, InDob= inicio de doblado, y Doble= doble aplicación. Letras diferentes dentro de cada zafra indican diferencias a $P < 0.05$.

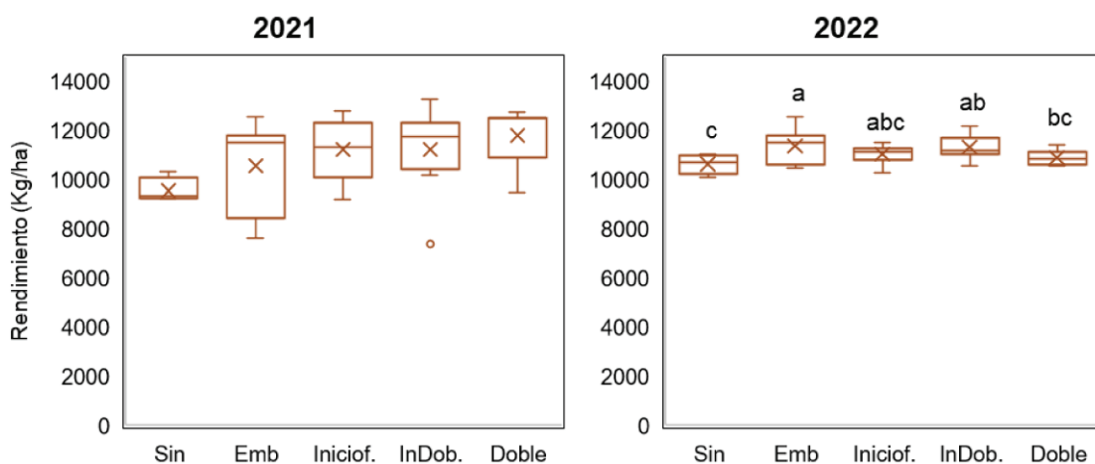


Figura 3. Rendimiento en grano (kg/ha) según momento de aplicación de fungicida para las zafras 2020-2021 y 2021-2022. Momentos de aplicación: Sin= sin aplicación, Emb= embarrigado, Iniciof= inicio de floración, InDob= inicio de doblado, y Doble= doble aplicación. Letras diferentes dentro de cada zafra indican diferencias a $P < 0.05$.

años para blanco total y entero, pero solo una diferencia menor de 0.5 % ($P = 0.047$) en 2021 cuando se comparan el tratamiento sin aplicación con los tratamientos aplicados (momento x productos).

CONCLUSIONES

El cultivar INIA Cuareim (SLI09197) es un cultivar de alto potencial de rendimiento, ciclo

largo y resistencia a brusone, características que comparte con INIA Merín. Sin embargo, como ocurre con otros cultivares, es susceptible a enfermedades de tallo y vaina, principalmente a «podredumbre de tallo». Con los datos preliminares obtenidos en este trabajo se puede inferir que INIA Cuareim posee baja respuesta a la aplicación de fungicida cuando ocurren valores de severidad medios para estas enfermedades. En dos zafras

se obtuvieron resultados no consistentes al control químico de estas enfermedades. En este aspecto, INIA Cuareim parece tener una respuesta parecida a cultivares similares, de ciclo largo y buen desarrollo de tallos, como INIA Merín (Martínez y Escalante, 2020 a y b).

BIBLIOGRAFÍA

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2022. INIA Cuareim (SLI09197). Sistema Arroz-Ganadería. Montevideo: INIA, 2022. 3 p. (Ficha Técnica; 68).

Martínez, S.; Escalante, F. 2020a. Efecto del momento y tipo de fungicida en control de enfermedades y calidad de grano en INIA Merín. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 43-46. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

Martínez, S.; Escalante, F. 2020b. Control químico de enfermedades en INIA Merín, respuesta en rendimiento y parámetros de calidad de grano. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo (UY): INIA, 2020. p. 47-50. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

6. OPORTUNIDADES Y DESAFÍOS PARA REDUCIR BRECHAS DE RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

G. Carracelas¹⁴ y N. Guilpart¹⁵

PALABRAS CLAVE: GYGA, potencial, clima.

Agradecimientos especiales a las empresas y al equipo técnico por compartir su base de datos: CASARONE: D. Gonnet, F. Castera; COOPAR: G. Rovira X2, M. Martínez; SAMAN: R. Uruga y M. Marella. Agradecemos los datos meteorológicos proporcionados por ALUR (B): F. Hackenbruch, INUMET (A y P) por Y. Morán, Agridiamond S.A (R) por W. Saravia y por INIA (S, Ta y Tt). Se agradece a los profesores de la Universidad de Nebraska Lincoln USA K. Cassman y P. Grassini.

INTRODUCCIÓN

Los rendimientos del arroz de producción nacional han escalado a los principales puestos de las tasas del mundo resultado de la alta integración del sector arrocero uruguayo (industria, producción e investigación). Este trabajo se realizó con el fin de actualizar el análisis de la evolución del rendimiento potencial y actual para identificar posibilidades de continuar reduciendo brechas de rendimiento de arroz en Uruguay. A su vez, se analizan los principales desafíos e impacto del cierre de brecha en la producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

A efectos de estimar el rendimiento potencial (Rp) se implementó la metodología del

Global Yield Gap Atlas (GYGA¹⁶) y el modelo de simulación de cultivos *Oryza* (v3). El rendimiento actual (Ra) se obtuvo de las bases de datos actualizada de la industria (Casarone, Coopar y Saman) la cual representa casi el 80 % del área plantada anualmente a nivel del país. Las brechas de rendimiento (Br) se estiman como la diferencia entre el 80 % de Rp y el Ra de las cinco zafras más recientes ponderadas por el área cultivada de arroz (Grassini *et al.*, 2015). Datos meteorológicos diarios se obtuvieron de siete estaciones meteorológicas de referencia en Uruguay para el periodo analizado. Los datos fueron analizados con R Core Team, 2022.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El rendimiento potencial (Rp) promedio es de 14 t/ha, el rendimiento actual (Ra) de 8 t/ha, el cual indica que aún es posible continuar reduciendo la brecha de rendimiento (Br) existente de 3 t/ha (promedio ponderado por área georreferenciada sembrada en Uruguay). Existieron diferencias entre las distintas estaciones de referencia y regiones, siendo la Br mayor en el centro-este con relación a la registrada en la región norte (figura 1). Resultados de este análisis permitirán enfocar programas de transferencia de

¹⁴ G. Carracelas, M. Sc. Investigador. INIA. gcarracelas@inia.org

¹⁵ N. Guilpart, Ph.D. Associate professor of agronomy. Université Paris-Saclay. AgroParisTech, INRAE. nicolas.guilpart@agroparistech.fr

¹⁶ Disponible en: www.yieldgap.org

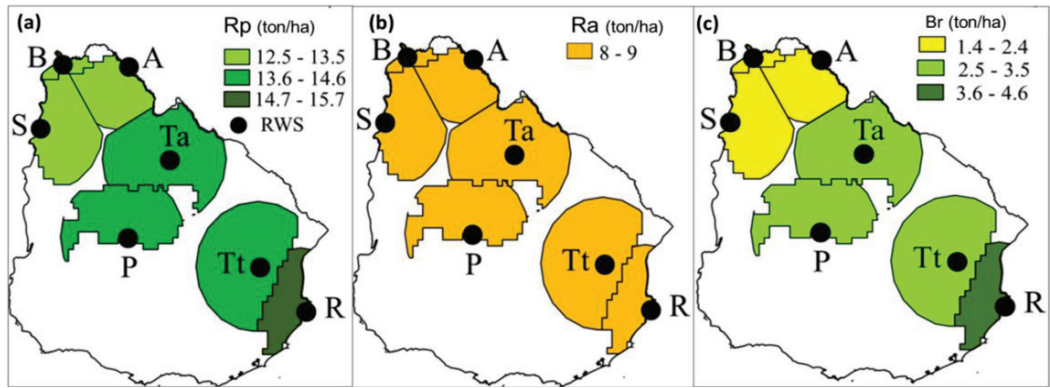


Figura 1. a) Mapa de Uruguay con rendimiento potencial (Rp), b) rendimiento actual de arroz (Ra) y c) brechas de rendimiento (Br) para cada estación climática de referencia (2016-2020).

tecnologías en las regiones identificadas con mayores brechas.

La evolución de Rp en el período analizado de 23 años en Uruguay no fue significativa en la mayoría de las áreas de estaciones de referencia (figura 2). Sin embargo, en Salto, se identificó una evolución en Rp negativa, la

cual está asociada a un incremento significativo en la temperatura máxima en esta región (figura 3).

El incremento significativo registrado en Tmax a nivel del país y en algunas áreas como Salto, indican la importancia de seguir investigando a futuro la evolución de paráme-

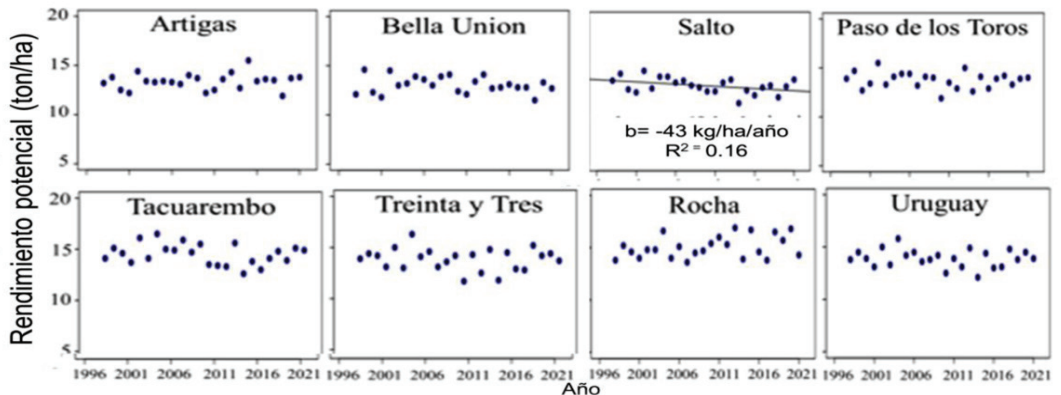


Figura 2. Evolución del rendimiento potencial (Rp) para cada estación climática. R^2 : coeficiente de correlación, b = coeficiente de regresión. Pearson ($P < 0.05$).

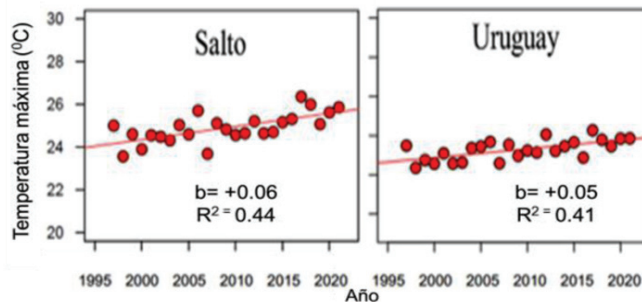


Figura 3. Evolución de Temperatura máxima en Salto y Uruguay en los meses del cultivo de arroz. R^2 : coeficiente de correlación. b = coeficiente de regresión. Pearson ($P < 0.05$).

tros climáticos, así como desarrollar cultivares adaptados a producir en ambientes con altas temperaturas.

Nuestro estudio indica que existe la oportunidad de continuar reduciendo la Br a nivel de país. El aumento de los rendimientos de arroz registrados está explicado por la adopción de tecnologías y la implementación de prácticas de manejo agronómico integrado, excluyéndose un efecto del cambio climático en dicho aumento. En la zafra reciente se registró una reducción importante en la Br. La disminución en el área sembrada en esta zafra muy particular permitió cultivar en los sistemas de mayor potencial productivo, sembrar el cultivo en la fecha óptima (temprano en octubre), aumentar los laboreos de verano, reducir el retorno sobre rastrojos de arroz, sumado a un aumento del área sembrada con INIA Merín que es resistente a enfermedades (INIA, 2021). El aumento en Ra se logró con las variedades índicas tradicionales sembradas, pero principalmente con la variedad INIA Merín, alcanzando un Ra promedio de 9.7 t/ha (figura 4a). En un escenario en el que el Ra siguiera aumentando al máximo alcanzable (11 t/ha), Uruguay podría producir casi medio millón de toneladas adicionales de arroz en las tierras de cultivo ya existentes (figura 4b). El impacto de dicho

aumento de Ra en la producción total sería de 800 000 t adicionales de arroz al considerar una mayor área potencial a sembrar en Uruguay (195 000 ha en base a datos históricos zafra 2010-2011), lo cual tendría grandes beneficios para la economía global del país. Sin embargo, reducir las brechas puede llegar a ser un gran desafío si las tendencias al alza de temperatura registradas en algunas regiones persisten en el tiempo. A su vez, el aumento en el precio de los insumos, combustibles y mano de obra, asociado a un debilitamiento en los precios del grano, podrían ser una gran limitante para continuar achicando brechas. A propósito, cuando el Ra se aproxima al techo (80 % del Rp), existe una desaceleración en las tasas de aumento de rendimiento y una respuesta decreciente en productividad al agregado de insumos (Cassman *et al.*, 2003; Lobell *et al.*, 2009) por lo que podría no ser económicamente viable. En este sentido la implementación de políticas que reduzcan el alto «costo país», promoverán la producción y sostenibilidad del sector en el futuro. En la zafra 2022, el rendimiento promedio fue de 9.2 t/ha. Es importante que esta tendencia al alza en Ra se mantenga a futuro aun cuando aumente el área sembrada de arroz en Uruguay.

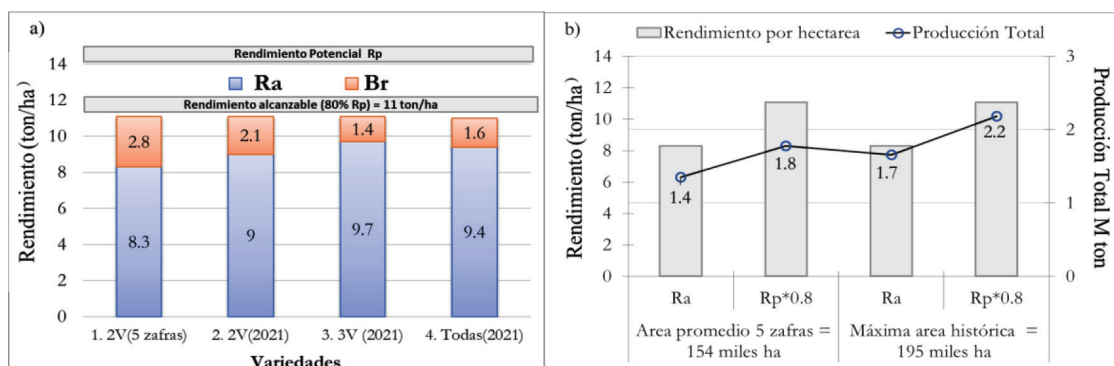


Figura 4. a) Rendimiento (Ra) y Brechas (Br) registrado para: 1. 2V: variedades índicas= INIA Olimar + El Paso144 (promedio 2016-2020), 2. 2V: índicas (solo zafra 2020-2021). 3. 3V: índicas El Paso 144 + INIA Olimar + INIA Merín (2020-2021) 4. Todas las variedades: índicas, japónicas e híbridos (MGAP-DIEA, 2021). b) Producción Total (M ton: millones de toneladas) en el país considerando el rendimiento actual (Ra) o el alcanzable (Rp*0.8: 11 t/ha) y el área de arroz.

CONCLUSIONES

El análisis de este trabajo indica que sería posible continuar aumentando los rendimientos y reducir las brechas permitiendo aumentar la producción total de arroz en Uruguay. La adopción de tecnologías, prácticas de manejo integrado, sumado a la incorporación de nuevas variedades, han determinado un aumento importante de los rendimientos de arroz. Uruguay podría producir 400 mil toneladas adicionales de arroz en las tierras de cultivo ya existentes, si el rendimiento promedio alcanzara el 80 % del rendimiento potencial (11 t/ha). La tendencia al aumento en temperatura máxima registrada y el aumento en los costos del cultivo, podrían llegar a ser limitantes para seguir aumentando los altos rendimientos ya alcanzados a nivel del país. Resulta importante continuar monitoreando a futuro efectos asociados al aumento de temperatura, cambios en parámetros climáticos y su influencia en el rendimiento del cultivo de arroz. La liberación y siembra de nuevas variedades disponibles resistentes a enfermedades, con alta respuesta a la fertilización, sumada a la identificación de cultivares adaptados a ambientes con altas temperaturas, así como el desarrollo de tecnologías para optimizar el manejo, permitirá seguir reduciendo brechas en el camino hacia la intensificación sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- 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: 315-358. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.040202.122858>
- INIA.** 2021. Informes de Zafras Arroz. Base de datos de empresas arroceras. Consultado: Portal INIA Informes de Zafras
- Grassini, P.; Van Bussel, L.G.J.; Van Wart, J.; Wolf, J.; Claessens, L.; Yang, H.; Boogaard, H.; De Groot, H.; Van Ittersum, M.K.; 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. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.03.004>
- 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: 179-204. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.environment.041008.093740>
- MGAP-DIEA.** 2021. Encuesta de arroz. Zafra 2020/2021. Montevideo (UY): DIEA, 10 p. (Serie Encuestas, 367).

7. SLI09193: NUEVA VARIEDAD ÍNDICA DE ALTO RENDIMIENTO

F. Pérez de Vida¹⁷

PALABRAS CLAVE: rendimiento, *Pyricularia*, ciclo intermedio.

INTRODUCCIÓN

SLI09193 es un nuevo cultivar liberado para uso comercial, a partir de la zafra 2022-2023, por parte del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) de INIA. Este nuevo cultivar ha sido evaluado extensivamente desde el año 2009-2010 en ensayos parcelarios en predios comerciales así como en las unidades experimentales: Paso de la Laguna, Treinta y Tres; Paso Farías, Artigas y Pueblo del Barro, Tacuarembó. En las zafras 2013-2014, 2014-2015 y 2016-2017 fue incluida la Red Nacional de Evaluación de Cultivares del convenio de INIA con el Instituto Nacional de Semilla (INASE). Posteriormente, se realizaron pruebas en chacras comerciales en pequeñas áreas en las zafras 2018-2019 (aprox. 5 ha) y 2019-2020 (10-15 ha); en los años siguientes en el marco del convenio con el Consorcio de Semilleras de Arroz, se realizaron evaluaciones en las etapas de Validación 1 (2019-2020, 60 ha) y 2 (2021-2022, 1000 ha). Sus características de mayor valor agronómico son un ciclo intermedio -similar al de INIA Olimar-, con reacción de resistencia frente a *Pyricularia*, en un contexto de alto rendimiento potencial (por ej. 10 t/ha en áreas experimentales en 9 años, 9.3 t/ha en el área de validación en la zafra 2021-2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

SLI09193 es un cultivar seleccionado de una población desarrollada localmente

a partir del cruzamiento L1435-INIA Cuaró// FL00144-1P-24-1P realizado en 2003. La población segregante se condujo por el método de pedigrí durante las seis zafras siguientes en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), llegando a la generación F7 -primer año de evaluación parcelaria- en la zafra 2009-2010. La evaluación en UEPL se realizó en ensayos con diseños de bloques completos al azar, con dos repeticiones en Estadio 1 y con tres repeticiones en Estadios 2 y 3, así como cuatro repeticiones en Evaluación Final. El establecimiento de los ensayos se realizó sobre un laboreo de verano en una rotación de cuatro años (un año de cultivo y tres años de pradera artificial sembrada), por lo que, la fertilización nitrogenada varió entre 140 y 160 kg de urea/ha, en tanto desde 2015 se incorporó el criterio de la aplicación Fertiliz-Arr de INIA. Los macronutrientes P y K se dosificaron según análisis de suelos.

RESULTADOS

Rendimiento: Debido a la incidencia de granizo en UEPL en algunos ensayos de la zafra 2009-2010, la evaluación de rendimiento se materializó para este cultivar en las tres zafras siguientes 2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013 (ensayos con fechas de siembra de 12/11, 3/11 y 18/10 respectivamente); en ese período mientras que los cultivares testigos El Paso 144 e INIA Olimar rindieron 10.84 t/ha y 11.35 t/ha, respectivamente, el rendimiento promedio fue 11.92 t/ha en SLI09193 y 11.88 t/ha en SLI09197 (INIA

¹⁷ F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fperez@inia.org.uy

Cuareim). Ambas líneas experimentales hermanas pasaron a la etapa de evaluación final a partir de 2013-2014 considerando su alta productividad y resistencia a *Pyricularia*.

Durante las zafas siguientes (2013-2014 a 2021-2022) en instancias de ensayos de Evaluación Final en UEPL -considerando solo siembras tempranas (1 al 20 de octubre) e intermedias (21 de octubre a 15 de noviembre)- el rendimiento medio obtenido por los mencionados cultivares e INIA Merín fue de 10.28 a 8.97 t/ha (cuadro 1). En dicho contexto de fechas de siembra, SLI09193 no se diferencia significativamente de INIA Cuareim ni de INIA Merín (figura 1 y cuadro 1). Estas dos variedades de ciclo a floración significativamente mayor (cuadro 4) capitalizan su muy alto potencial de rendimiento en siembras tempranas, decayendo en siem-

bras intermedias y tardías (Pérez de Vida, 2018 y 2020a y b).

Por otra parte, considerando la comparación con INIA Olimar -cultivar de similar ciclo a floración-, la diferencia en rendimiento resulta significativa con $P=0.0592\%$ (cuadro 2).

Calidad molinera: En términos de calidad molinera ambos cultivares presentan valores adecuados a lo establecido para la industria de acuerdo con el decreto de comercialización 321/998. Sin embargo, presentan diferencias que resultan estadísticamente significativas. SLI09193 supera en porcentaje de blanco total y porcentaje de granos enteros a INIA Olimar. En porcentaje de granos yesados, INIA Olimar tiene valores inferiores a la novel variedad. En relación con la dimensión

Cuadro 1. Rendimiento (kg/ha) en ensayos de evaluación final en UEPL, periodo 2013-2014 a 2021-2022.

Cultivar			Rendimiento(kg/ha)
SLI09197-INIA Cuareim	a		10 283
SLI09193	a	b	9985
INIA Merín	a	b	9812
INIA Olimar		b	9637
El Paso 144		c	8974

Cultivares con igual letra no difieren significativamente a $P=0.05$.

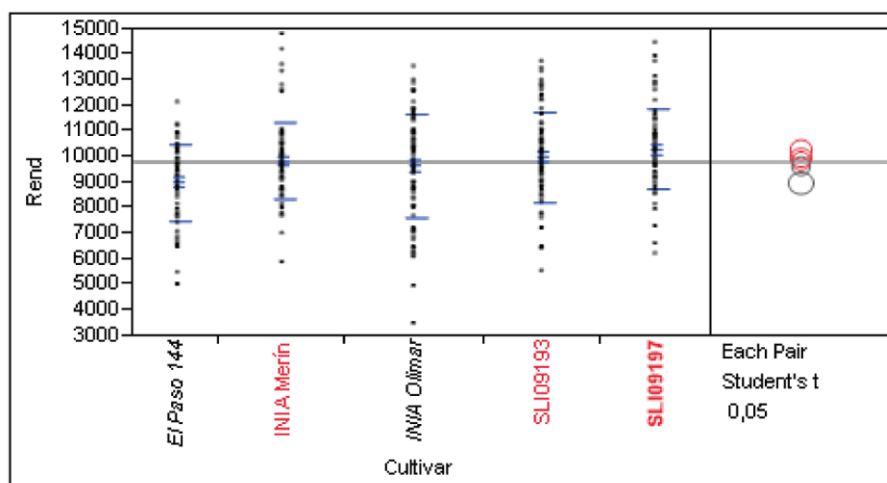


Figura 1. Rendimiento (kg/ha) en ocho zafas (2013-2014 a 2021-2022), media general y medias según cultivares SLI09193 y variedades testigo (El Paso 144, INIA Olimar, INIA Merín y SLI09197-INIA Cuareim).

Cuadro 2. Análisis de varianza de rendimiento (kg/ha) según variedades (SLI09193 vs INIA Olimar) en la serie 2013-2014 a 2021-2022, en UEPL, siembras tempranas e intermedias.

Cultivar	Least Sq Mean	Std Error	Media
INIA Olimar	9452	532	9554
SLI09193	9830	567	10 028

Modelo	vvavaVariacion	Nparm	DF	Sum of Squares	F Ratio	Prob > F
Cultivar	1	1	1	3 514 858	3.6593	<u>0.0592</u>
Bloque [Ensayo]	22	22	22	52 938 817	2.5052	0.0015*
Ensayo [Año]	6	6	6	26 803 094	4.6508	0.0004*
Año	8	8	8	202 912 184	26.4065	<.0001*

de granos, el ancho en SLI09193 es superior por lo cual ante un largo similar, los granos de INIA Olimar presentan una relación largo ancho mayor (3.51 vs 3.42, **) (cuadro 3).

Según lo reportado por López *et al.* (2020) y Billiris y López (com. pers. 2022), SLI09193 presenta características molineras y culinarias similares a INIA Olimar en condición de arroz crudo que permiten su mezcla como *paddy* en proporción 50:50; de igual manera el comportamiento de la mezcla en cocido es equiparable a INIA Olimar. La plena sustitución de la variedad por SLI09193 requiere de ajustes en el procesamiento industrial para alcanzar los mismos atributos de soltura y textura (López *et al.*, 2020).

Ciclo a floración y cosecha: En el cuadro 4 se presenta la información resultante de la serie de ensayos mencionados en los que la evaluación del ciclo a floración se realiza desde fecha de siembra a 50 % de floración. Del análisis de varianza surge que SLI09193 es el cultivar de ciclo más breve en el grupo de variedades índica considerado. La

diferencia respecto a INIA Olimar -aunque estadísticamente significativa- es de mínima cuantía (un día).

Por otra parte, la cuantificación del inicio reproductivo (primordio) (cuadro 4) reportado por Roel *et al.* (com. pers. 2022) indica que SLI09193 es un cultivar precoz -aún más que INIA Olimar (-7 días)- respecto a dicho estadio, por lo cual se deben realizar de modo temprano las aplicaciones de nitrógeno en macollaje y la que promueva el desarrollo del primordio. La madurez a cosecha fue algo más retardada en SLI09193 según la información referida.

Reacción a *Pyricularia*: La reacción típica frente a *Pyricularia* en cama de infección ha sido de resistencia HR-R (notas 0-1) en diversos ensayos del PMGA (Martínez y Escalante, com. pers.) así como reportados en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares del convenio INIA-INASE (2014, 2015, 2017 y 2018).¹⁸

Cuadro 3. Parámetros de calidad molinera y dimensiones de granos en INIA Olimar y SLI09193.

Cultivar	BT (%)	Ent (%)	Yes (%)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Relación L/A
INIA Olimar	69.9 b	64.7 b	2.14 a	6.77	2.00 a	3.51 a
SLI09193	70.3 a	65.4 a	2.58 b	6.75	2.05 b	3.42 b
Source	Prob > F	Prob > F	Prob > F	Prob > F	Prob > F	Prob > F
Cultivar	0.0020*	0.0087*	0.0031*	0.2361	<.0001*	<.0001*

BT= Blanco total, Ent= granos enteros, Yes= granos yesados.

Cuadro 4. Número de días a primordio, 50 % de floración y cosecha, UEPL.

Cultivar		Días a		
		50 % Floración (a)	Primordio (b)	Cosecha (b)
INIA Merín	a	110	62	169
SLI09197 INIA Cuareim	b	108		
El Paso 144	c	106		
INIA Olimar	d	101	63	136
SLI09193	e	100	56	145

(a)= número de días desde siembra, serie 2013-2014 a 2021-2022, medias ajustadas por mínimos cuadrados;(b)= número de días desde emergencia, datos de año 2021-2022 (Com. Pers. A.Roel, A. Ferreira, M. Oxley).

CONCLUSIONES

SLI09193 es una nueva variedad disponible para el sector arrocero nacional con potencial de insertarse efectivamente en el área de siembra basado en sus atributos de ciclo intermedio, alto potencial de rendimiento y resistencia a *Pyricularia*. Su ciclo a floración intermedio y madurez anticipada permite una cosecha más temprana (hasta 30 días), complementándose así con cultivares de ciclo largo en siembras tempranas o en cola de siembra facilitando la logística de cosecha y recibo industrial. Asimismo, será de utilidad en esquemas de siembra para condiciones de chacras con relativa menor disponibilidad de agua de riego.

BIBLIOGRAFÍA

Pérez de Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas, J. 2018. SLI09197: Cultivar de alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. En: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2018. Montevideo: INIA, 2018. p. 11-13. (INIA Serie Técnica; 246).

López Rodríguez, M.; Arcia, P.; Pérez de Vida, F.; Tresso, G.; Figueredo, V.; Luzardo, C.; Gonnet, D.; Uruga, R.; Sanguinetti, M.; Billiris, A. 2020. Red Tecnológica de Arroz: grupos de calidad del arroz uruguayo. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 89-92. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

Pérez de Vida, F. 2020a. INIA Merín: ¿cuándo sembrar para maximizar su potencial? En: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 23-26. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

Pérez de Vida, F. 2020b. Nuevo cultivar promisorio: SLI09197 alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. En: Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA, 2020. p. 27-29. (INIA Serie Técnica; 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

¹⁸ Disponible en: <http://www.inase.uy/Publicaciones>

8. EVALUACIÓN DE CULTIVARES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS EN ENSAYOS DE FAJAS

C. Marchesi¹⁹ y F. Molina²⁰

PALABRAS CLAVES: rendimiento, adaptación, germoplasma elite.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda por obtener materiales adaptados y evaluados en varios ambientes, el programa de mejoramiento de arroz ha desarrollado como estrategia, desde hace varios años, evaluar los materiales en macro parcelas. Paralelamente a los ensayos de evaluación final en INIA Treinta y Tres (Paso de la Laguna), se instalaron ensayos en «fajas» en diferentes localidades. Esta información en conjunto con los ensayos de la Red de Evaluación de Cultivares es sumamente importante para poder identificar los mejores materiales y observar el comportamiento en un rango más amplio de ambientes. Los cultivares más destacados de estos ensayos en conjunto con la información histórica del programa son determinantes para saber con qué cultivares avanzan a la etapa de multiplicación para ser validados a escala comercial, previo a su registro.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2021-2022 se instalaron ensayos en fajas IMI (imidazolinonas) en cinco localidades (Rincón de Ramírez-Treinta y Tres, 18 de Julio- Rocha, Laguna Merín-Río Branco, Pueblo del Barro-Tacuarembó y Paso Farías-Artigas) abarcando un espectro interesante de suelos, clima y manejos. La localidad de Artigas no llegó a cosecha en

buenas condiciones por falta de agua, por lo cual, no se presenta información de esa localidad. En las diferentes regiones, la siembra se realizó sobre un suelo movido en primavera con diferente intensidad y laboreo de verano. A continuación, se presentan los datos más relevantes de la instalación y manejo de las fajas (cuadro 1). En todos los casos, las fajas fueron manejadas por los productores de igual manera que la chacra comercial.

Se sembraron diez parcelas de tres metros de ancho por diez metros de largo con tres repeticiones en cada localidad. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (FOTON). Luego de la cosecha se procesaron las muestras de los diferentes materiales para determinar calidad molinera.

Los ensayos se analizaron estadísticamente de forma conjunta y en el caso en que se detectó interacción localidad por cultivar, se realizó el análisis individual por localidad (ensayo).

Cultivares: Se incluyeron 11 materiales de los cuales 2 son testigos (Gurí INITA CL y XP113FP) y 9 líneas del programa de tipo índica CL1294, CL1202, CL19004, CL19219, CL19220, CL19222, CL19231, CL 19263, CL1001. Se utilizó una densidad equivalente a 130 kg/ha de semillas (corregidos por peso de 1000 granos y % de germinación) para las variedades y de 50 kg/ha para el híbrido.

¹⁹ C. Marchesi, Ph. D. Investigadora Adjunta. INIA. cmarchesi@inia.org.uy

²⁰ F. Molina, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fmolina@inia.org.uy

Cuadro 1. Antecesor y manejo agronómico de las diferentes localidades.

	Pueblo del Barro - Tbó	Laguna Merín- RB	Rincón de Ramírez- TyT	18 de Julio- Rocha
Antecesor	Retorno 4 años de pradera	Soja	Retorno de 4 años de pradera	Rastrojo de arroz
Siembra	26 de oct.	5 de oct.	23 de oct.	24 de oct.
Fertilización				
Basal	5 kg/ha de N + 25 kg/ha de P ₂ O ₅ + 55 kg/ha de K ₂ O	60 kg/ha de K ₂ O	23 kg/ha de N + 60 kg/ha de P ₂ O ₅ + 120 kg/ha de K ₂ O	13 kg/ha de N + 56 kg/ha de P ₂ O ₅ + 18 kg/ha de K ₂ O
Macollaje	87 kg/ha de N	46 kg/ha de N	64 kg/ha de N	92 kg/ha de N
Primordio	23 kg/ha de N	23 kg/ha de N	37 kg/ha de N	41 kg/ha de N
Fungicida	1	2	1	0

RESULTADOS

La productividad media de los cuatro ensayos fue muy alta pero significativamente diferente entre algunas localidades. Para los cultivares que estuvieron en todas las localidades se detectó interacción localidad por cultivar, por lo que, se presenta la información de cada localidad en el cuadro 2. El rendimiento medio de los ensayos se

ubicó en 11.6-12 ton/ha para Rincón, 18 de Julio y Pueblo del Barro, mientras que para Río Branco el rendimiento promedio fue de 10.5 ton/ha. Esta última localidad, y particularmente los cultivares de ciclo más corto, tales como CL19231, CL1294 y CL1001, vieron afectado su rendimiento por daños de pájaro. Estimamos que éste se ubicó en torno a 20-30 % pero los análisis se realizaron con los valores reales de campo. El cultivar

Cuadro 2. Rendimiento de los cultivares en las cuatro regiones.

Línea	Rincón kg/ha		18 de Julio kg/ha		Río Branco kg/ha		Pueblo del Barro kg/ha		Media kg/ha
CL19222	12 068	abc	13 845	ns			10 828	cd	12 247
Gurí INTA	12 494	abc	12 747	ns	10 910	abc	12 809	a	12 240
CL19263	12 938	a	11 865	ns	11 664	a	11 945	abcd	12 103
CL19231	12 216	abc	12 926	ns	9418	e	12 492	abcd	11 763
CL19219	12 012	abc	12 133	ns	10 987	abc	10 584	d	11 429
CL19220	11 171	bcd	11 960	ns	11 282	abc	11 132	bcd	11 386
CL1202	12 051	abc	11 160	ns	10 809	abcd	11 454	abcd	11 369
CL19078	11 421	bcd	11 416	ns			11 046	cd	11 294
XP113 FP					10 460	abcd	11 849	abcd	11 155
CL1294	10 602	d	11 249	ns	9846	cde	12 032	abcd	10 932
CL1001	10 986	cd	12 133	ns	9598	de			10 906
CL19004	10 540	d	11 375	ns	10 282	bcde	10 856	cd	10 763
DMS	1402		ns		1266		1396		
CV(%)	7.10		9.46		7.01		7.05		

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

CL19222 fue el más productivo, pero no estuvo presente en Río Branco, alcanzando valores de 14 ton/ha. El testigo Comercial Gurí INTA CL obtuvo excelentes rendimientos en todas las localidades al igual que CL19263, con la ventaja de este último de ser un cultivar resistente a *Pyricularia*. CL19231 indica en promedio 11.7 ton/ha, siendo el cultivar que rindió menos en la localidad de Río Branco por problemas de pájaro. Por debajo de estos cultivares, con valores prácticamente iguales, se encuentran CL19219, CL19220 y CL1202 con un potencial de 11.3 ton/ha.

De forma comparativa y como comentario general, los valores de rendimiento respecto a los ensayos en fajas de la zafra anterior fueron inferiores. Parte de la explicación está en la fecha de siembra y condiciones de los ensayos. De todas formas, el potencial de rendimiento de los materiales estuvo 1.5 ton/ha por encima de la media nacional.

En el cuadro 3 se presentan algunas variables agronómicas y de calidad. La variable altura corresponde solamente a tres localidades y no se detectó interacción cul-

tivar por localidad por lo que se presenta la información por cultivar. Todos los cultivares tiene un porte intermedio, incluso CL1202 que normalmente es un cultivar de porte más alto no difirió con algunos materiales. Por otra parte, es importante mencionar que no hemos registrado vuelco en ningún año de evaluación de estos materiales. Dentro de las enfermedades más importantes evaluadas no se encontraron diferencias significativas tanto para *Rhizoctonia* como para *Sclerotium*. Cabe resaltar que esta información se registró en todas las localidades a excepción de Pueblo el Barro. La aplicación de fungicidas en Río Branco y Treinta y Tres pudo haber colaborado en la obtención de valores bajos y no haber encontrado diferencias entre cultivares. Si bien en los ensayos no se detectó *Pyricularia*, dichos materiales han sido evaluados con inoculación artificial y son todos resistentes a *Pyricularia* en hoja, a excepción de Gurí INTA CL.

Los valores de entero son extremadamente altos y muy relacionado al uso de un pulidor Zaccarias, el cual es diferente al que

Cuadro 3. Características agronómicas, resistencia a enfermedades y calidad molinera.

Material	Altura (cm)	Scle (IS)	Rhiz (IS)	Entero (%)	Yeso (%)	Yeso* (%)	Grano pulido (mm)	
							Largo	Ancho
CL1001	87	2.7	1.2	68.7	1.4	4.6	7.2	2.0
CL1202	90	2.7	1.8	66.2	3.6	6.9	7.2	2.1
CL1294	87	3.4	1.3	68.3	1.1	3.9	7.2	2.0
CL19004	92	2.9	1.4	68.2	0.8	2.8	7.3	2.0
CL19078	90	2.2	0.3	68.2	1.3	4.3	6.9	2.0
CL19219	88	3.2	1.7	69.5	2.3	5.7	7.0	2.0
CL19220	85	3.2	1.1	70.2	2.0	5.1	7.0	2.1
CL19222	87	2.5	0.8	67.1	4.0	8.2	7.3	2.1
CL19231	90	2.9	0.8	69.8	2.4	6.6	7.1	2.1
CL19263	89	3.2	0.7	69.5	1.6	4.3	7.0	2.0
Gurí INTA CL	89	3.7	1.0	67.5	2.3	5.7	7.0	2.0
DMS	ns	ns	ns	0.90	0.48	1.10	0.08	0.02
CV (%)	6.3	39.5	129	1.6	29.8	26.5	1.5	2.1

(Yeso*) Porcentaje de granos yesosos totales.

(IS) Equivalencia con Sistema de Evaluación Estándar: 0 a 3 = Resistente, 4 = Moderadamente resistente, 5 = Moderadamente susceptible, 7 = Susceptible, 8 y 9 = Muy susceptible.

normalmente usábamos en años anteriores (Satake). Sin embargo, se puede observar un gradiente y diferencias entre cultivares (cuadro 3). Por otra parte, los análisis de calidad industrial fueron procesados de forma automática, mediante el S21. Los valores de yeso de las localidades, en promedio, fueron muy bajos. Recordamos que esta variable corresponde al porcentaje de granos con un área de yeso del 50 % o más del tamaño del grano. Cuando consideramos el yeso* el cual corresponde al porcentaje de yeso medido como el porcentaje de granos con cualquier área yesosa los valores son algo más altos. Dicha variable se considera para poder discriminar más como es el caso del cultivar CL19222 que presenta valores algo altos (8.2 %). Dichos valores también han sido altos en ensayos internos por lo que este material se descartará para la próxima zafra.

CONCLUSIONES

El potencial de los nuevos cultivares se ve reflejado en los altos rendimientos obtenidos en casi todas las localidades, aunque Guri INTA CL ha logrado muy buenos rendimientos. Los nuevos materiales ofrecen una opción de potencial con resistencia a *Pyricularia* y ciclo variado según las necesidades del productor. La evaluación en fajas y validación pre comerciales terminan siendo muy importantes a la hora de avanzar un material. Particularmente en la zafra 2022-2023 continuaremos con la validación de CL1202 y CL1294 e incorporaremos el cultivar CL19231 en 7 ha y algunas áreas menores de los demás cultivares.

9. CARACTERIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO POR AMBIENTE DEL RENDIMIENTO EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ DE INIA

I. Aguilar²¹, L. Gutiérrez²², F. Molina²³, F. Pérez de Vida²⁴, I. Rebollo²⁵ y J. E. Rosas²⁶

PALABRAS CLAVE: megaambientes, GGE biplot, época de siembra.

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA) es el aumento del rendimiento del cultivo y su estabilidad bajo condiciones ambientales variables. La selección por rendimiento y estabilidad en los ambientes objetivo se realiza a través de una evaluación fenotípica, durante cerca de cinco años consecutivos, en ensayos de rendimiento en la Unidad Experimental de Paso de la Laguna (UEPL). Luego, en etapas avanzadas de la selección, se realizan ensayos en el norte y el centro del país. Adicionalmente, en las evaluaciones finales, los materiales son evaluados en épocas de siembra tardía para aumentar la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas estresantes. La evaluación, tanto en distintas localidades como en diferentes fechas de siembra, se realiza porque se ha constatado la existencia de interacción genotipo por ambiente (IGA), es decir, una respuesta diferencial de los geno-

tipos frente a factores ambientales (Pérez de vida *et al.*, 2015). Sin embargo, aún no se ha realizado un estudio exhaustivo que cuantifique este fenómeno. La IGA consiste en cambios en la respuesta relativa de los materiales frente a diferentes ambientes y afecta mayormente características de herencia de tipo cuantitativa. Al ser un fenómeno muy común en los ensayos de evaluación fenotípica de los programas de mejoramiento de plantas, diversas metodologías han sido propuestas para su estudio y para su manejo: ignorarla, explotarla o reducirla. Ignorarla equivale a seleccionar en base a la media genotípica general a través de los diversos ambientes. Explotarla implica considerarla en modelos que permitan utilizar toda la información disponible para predecir la respuesta de los genotipos a la variabilidad ambiental. Por último, la reducción de la IGA es posible si ésta responde a patrones predecibles o repetibles (por ejemplo, localidad o fecha de siembra), en cuyo caso es conveniente seleccionar de forma independiente dentro de cada ambiente.

²¹ I. Aguilar, Ph. D. Investigador Principal. Programa Nacional de Producción de Leche. INIA. iaguilar@inia.org.uy

²² L. Gutiérrez, Ph. D. Universidad de la República, University of Wisconsin-Madison. gutierrezcha@wisc.edu

²³ F. Molina, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fmolina@inia.org.uy

²⁴ F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. fperez@inia.org.uy

²⁵ I. Rebollo, Ing. Agr. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. irebollo@inia.org.uy

²⁶ J. E. Rosas, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Arroz. INIA. jrosas@inia.org.uy

Los megaambientes (MA), por definición, minimizan la IGA dentro del MA y diversos estudios han buscado identificar patrones repetibles de IGA mediante la identificación de los MA (Gauch y Zobel, 1997). Un adecuado entendimiento de la estructura de la IGA, en los ambientes objetivo de un programa de mejoramiento, permite la toma de decisiones informadas en cuanto a la eficiente asignación de recursos. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la IGA del rendimiento en el PMGA.

MATERIALES Y MÉTODOS

La IGA se caracterizó mediante estimación de componentes de varianza, definición de los MA y cálculo de correlaciones de Pearson entre las localidades, épocas de siembra y los MA. Utilizamos datos de rendimiento (kg/ha) de 851 ensayos de la base de datos histórica del PMGA (Rebollo *et al.*, 2020), que comprende 23 años de evaluación fenotípica (desde el 1997 al 2020). La localidad este (E, UEPL, Treinta y Tres, 33,27 S, 54,17 W) es la más representada con 748 ensayos, 91 ensayos representan a la localidad norte (N, Campo Experimental Paso Farías, Artigas, 30.54 S, 57,26 W) y 12 ensayos a la localidad centro (C, Campo Experimental Pueblo del Barro, Cerro Largo, 31,93 S, 55,38 W). Se evaluaron un total de 3796 y 9817 líneas de mejoramiento avanzadas de las poblaciones índica y japónica, respectivamente. El diseño experimental de todos los ensayos fue de bloques completos al azar con 2, 3 o 4 bloques según la etapa de evaluación. Los ensayos fueron clasificados por época de siembra en S1 (hasta el 15 de octubre), S2 (del 16 de octubre al 31 de octubre), S3 (del 1 al 15 de noviembre) y S4 (a partir del 16 de noviembre). El número de ensayos para cada categoría fue de 96, 347, 295 y 86 para S1 a S4, respectivamente, mientras que 27 ensayos no contaban con dato de fecha de siembra. Los componentes de varianza se estimaron mediante el ajuste del modelo:

donde y_{ijkmno} es el rendimiento (kg/ha), μ es la media general, g_i es el efecto aleatorio del i -ésimo genotipo, a_j es el efecto aleatorio del j -ésimo año, l_k es el efecto aleatorio de la k -ésima localidad, s_m es el efecto aleatorio de la m -ésima época de, $b_{n(o)}$ es el efecto aleatorio del n -ésimo bloque anidado dentro del o -ésimo ensayo, ga_{ij} , gl_{ik} y gs_{γ} son los efectos aleatorios de las interacciones genotipo x año, genotipo x localidad y genotipo por época de siembra, respectivamente, con $ga_{ij} \sim N(0, I\sigma_{ga}^2)$, $gl_{ik} \sim N(0, I\sigma_{gl}^2)$, $gs_{\gamma} \sim N(0, I\sigma_{gs}^2)$, donde σ_{ga}^2 , σ_{gl}^2 y σ_{gs}^2 son las varianzas de las interacciones genotipo x localidad y genotipo por época de siembra, respectivamente, y e_{ijkmno} es el residuo aleatorio del modelo con $e_{ijkmno} \sim N(0, I\sigma_e^2)$, donde σ_e^2 es la varianza residual. Para los efectos aleatorios se asumieron distribuciones normales con su respectivas varianzas y media cero e independencia entre las observaciones. Los modelos se ajustaron utilizando el paquete R *lme4* y los componentes de varianza se estimaron mediante REML.

La definición de los MA se realizó mediante el ajuste del modelo GGE y su visualización gráfica de biplot aumentado con el paquete R *GGEbiplots*. Se definieron los ambientes como combinaciones de año, localidad y época de siembra. Se retuvieron los genotipos presentes en más de diez ambientes, y los ambientes con más de diez genotipos, y la información faltante se imputó con un modelo de factor analítico de segundo orden con el paquete ASReml-R. El conjunto de datos con estos filtros tuvo 52 genotipos en 52 ambientes (32, 13 y 7 de las localidades E, N y C; y 17, 16, 15 y 5 de S1 a S4, respectivamente) y 67 genotipos japónica en 44 ambientes (34, 9 y 1 de las localidades E, N y C; y 10, 13, 14, 7 de las épocas de siembra S1 a S4, respectivamente), y tenían

$$y_{ijkmno} = \mu + g_i + a_j + l_k + s_m + b_{n(o)} + ga_{ij} + gl_{ik} + gs_{\gamma} + e_{ijkmno}$$

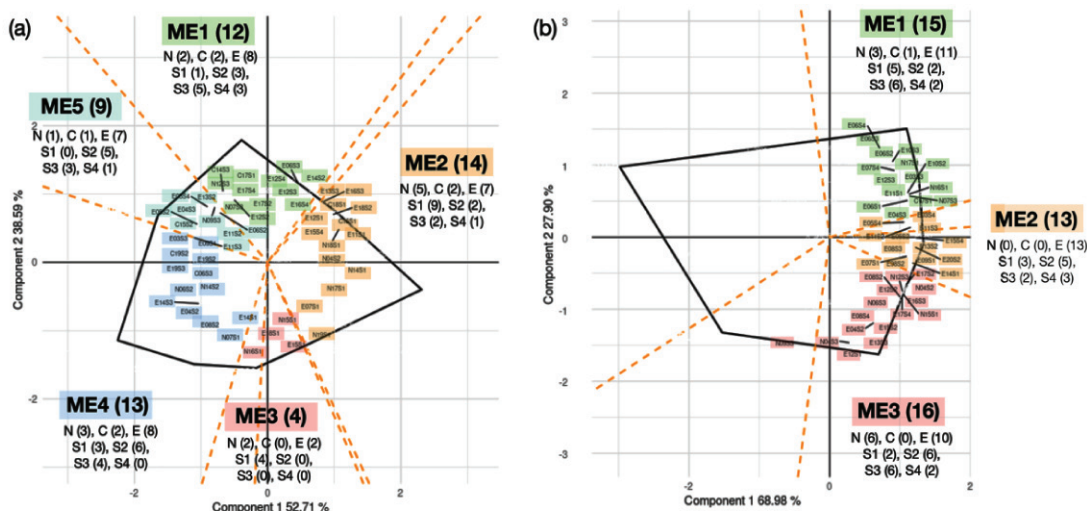


Figura 1. Representación gráfica *biplot* aumentada del modelo GGE para (a) índica y (b) japónica. El número de ambientes para cada megaambiente (ME) se presenta entre paréntesis, así como el número de ambientes para cada localidad y época de siembra.

71.6 % y 74.6 % de información faltante en índica y japónica, respectivamente. Por último, calculamos las correlaciones de Pearson entre todos los pares de ambientes para el conjunto de datos completo (sin agrupar) y entre y dentro de localidades, épocas de siembra y los MA.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La IGA total (la suma de las interacciones genotipo por localidad, genotipo por año y genotipo por época de siembra) representó una gran proporción de la varianza total, sumando un total de 12.84 % en índica y 10.14 % en japónica. La IGA fue mucho mayor que la varianza genotípica para ambas poblaciones, con una proporción de 1:8 en índica y 1:2.5 en japónica. Se encontraron cinco MA en índica (figura 1a) y tres en japónica (figura 1b). Otros estudios han podido asociar los MA con diferencias ambientales como regiones geográficas o productividad ambiental. Sin embargo, no se observó un patrón claro con respecto a las localidad o productividad entre nuestra clasificación de MA para ninguna de las poblaciones. En índica, si se observó un patrón con respecto a la

S1 siendo mayoritaria en algunos MA. La correlación promedio (sin agrupar) de pares de ambientes fue de 0.06 para índica y de 0.62 para japónica. Las correlaciones dentro de los MA fueron altas en ambas poblaciones, pero más bajas en índica (figura 2a) que en japónica (figura 2b). La correlación promedio dentro y entre localidades fue baja en índica e intermedia o alta en japónica (figura 2e). La correlación media dentro de cada época de siembra fue menor en índica que en japónica (figura 2f). En índica, la correlación media entre la época de siembra S1 y las demás épocas de siembra fue negativa. La correlación promedio dentro y entre combinaciones de localidades y épocas de siembra (figura 2g) reforzó los resultados anteriores de correlaciones entre localidades y épocas de siembra por separado para ambas poblaciones.

CONCLUSIONES

La IGA es de importante magnitud en ambas poblaciones del PMGA. En índica esta es mayor que en japónica. En índica existe un importante patrón de IGA con cambio de ranking en el rendimiento entre la fecha de siembra temprana y las demás. Sin embargo, existe también una gran IGA dentro de la fecha de siembra temprana. Profundizar en la

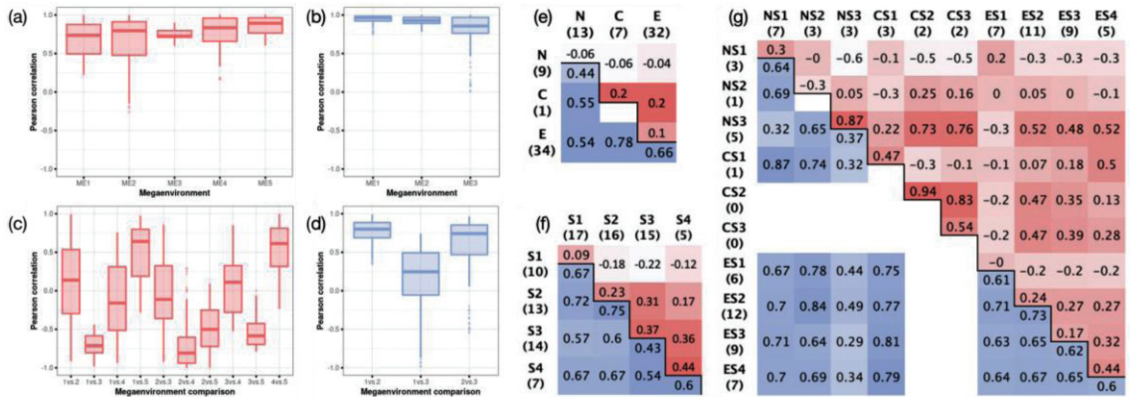


Figura 2. Correlación de Pearson entre pares de ambientes dentro de megaambientes (*megaenvironment*) para (a) indica y (b) japónica, entre MA para (c) indica y (d) japónica, y correlación media de Pearson dentro (diagonal) y entre (fuera de la diagonal) localidades (e), épocas de siembra (f) y combinaciones de localidad y época de siembra (g) para indica (arriba de la diagonal, coloreada con degradado rojo) y japónica (abajo de la diagonal, coloreada con degradado azul). El número de ambientes en cada categoría se presenta entre paréntesis.

caracterización de esta IGA será necesario en el futuro para mejorar el rendimiento y su estabilidad en este tipo de ambiente. No hay un patrón claro de agrupamiento entre fechas de siembra en japónica ni por localidades en ninguna de las poblaciones de mejoramiento analizadas. Este trabajo contribuye al entendimiento de la IGA en las condiciones de evaluación del germoplasma de arroz en Uruguay del PMGA. Los resultados presentan bases sobre las cuales tomar decisiones para la evaluación y selección de materiales para los ambientes objetivo del PMGA.

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez de Vida F.; Blanco P.; Carracelas, G.; Vargas J.** 2015. Evaluación final de cultivos. En: Arroz-Soja, 2015, Treinta y Tres. Resultados experimentales 2014-2015. Treinta y Tres. INIA. Cap. 3, p. 4-6. (INIA Serie Actividades de Difusión; 748).
- Gauch H. G.; Zobel R. W.** 1997. Identifying Mega Environments and Targeting Genotypes. *Crop Science*. 37 (2): 311–326. doi: <http://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700020002x>
- Rebollo, I.; Scheffel, S.; Iriarte, W.; Blanco, P.; Molina, F.; Peirez de Vida, F.; Rosas, J.** 2020. Consolidación de los datos históricos del programa de mejoramiento de arroz en una base de datos. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA. p. 5-8. (INIA Serie Técnica 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

10. PREDICCIÓN GENÓMICA DEL RENDIMIENTO DE ARROZ USANDO NORMAS DE REACCIÓN FRENTE A VARIABLES CLIMÁTICAS

I. Aguilar²⁷, L. Gutiérrez²⁸, F. Molina²⁹, F. Pérez de Vida³⁰, I. Rebollo³¹ y J. E. Rosas³²

PALABRAS CLAVE: regresión aleatoria, selección genómica, interacción genotipo por ambiente

INTRODUCCIÓN

La selección genómica (SG) es un método de mejoramiento complementario a la selección fenotípica con gran potencial para mejorar características de herencia compleja (Meuwissen *et al.*, 2001), como son el rendimiento y la estabilidad. La SG consiste en utilizar información de marcadores moleculares de todo el genoma, datos fenotípicos y de pedigrí para la predicción de valores de cría genómicos (Aguilar *et al.*, 2010). Para aplicar SG en un programa de mejoramiento vegetal es necesario tener en cuenta la interacción genotipo por ambiente (IGA), es decir, las diferencias en la respuesta relativa de los materiales frente a diferentes ambientes. Los modelos de regresión aleatoria (MRA) son una manera de contemplar la IGA en un modelo de SG ya que predicen la respuesta diferencial (norma de reacción) de cada individuo frente a variables climáticas seleccionadas. Esto permite predecir el comportamiento en nuevos ambientes, pero su utilidad en el marco de la selección

en un programa de mejoramiento vegetal aún no ha sido probada. El objetivo de este trabajo fue evaluar la habilidad predictiva de MRA que incorporen las variables climáticas identificadas para la predicción del rendimiento en ambientes conocidos y desconocidos en el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos fenotípicos, climáticos, de pedigrí y genómicos de materiales de tipo índica y japónica del PMGA (Rebollo *et al.*, 2020). Los datos de rendimiento y fecha de floración correspondieron a 748 ensayos conducidos desde 1997 a 2020 en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres, 33.27 S, 54.17 W). Datos diarios de 16 variables climáticas relacionadas con temperatura, precipitación, radiación solar, humedad y viento se obtuvieron de la base de datos de la Unidad de Agro-clima y Sistemas de Información de INIA³³. Se definieron nueve períodos abarcando los siguientes intervalos antes

²⁷ I. Aguilar, Ph. D. Investigador Principal. Programa Nacional de Producción de Leche. INIA. iaguilar@inia.org.uy

²⁸ L. Gutiérrez, Ph. D. Universidad de la República, University of Wisconsin-Madison. gutierrezcha@wisc.edu

²⁹ F. Molina, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Arroz. INIA. fmolina@inia.org.uy

³⁰ F. Pérez de Vida, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Arroz. INIA. fperez@inia.org.uy

³¹ I. Rebollo, Ing. Agr. Investigador. Programa Nacional de Arroz. INIA. irebollo@inia.org.uy

³² J. Rosas, Ph. D. Investigador Adjunto. Programa Nacional de Arroz. INIA. jrosas@inia.org.uy

y después de la fecha de floración (en días): 10-10, 15-15, 20-20,10-20, 20-10,10-30, 30-10, 5-35 y 35-5. Se obtuvieron 144 combinaciones de variables climáticas y períodos. La información genómica correspondió a polimorfismos de un único nucleótido (SNP) obtenidos con genotipado por secuenciación (GBS, por su sigla en inglés) utilizando la enzima *ApeKI* de 395 líneas avanzadas de tipo indica y 570 de tipo japónica. Las matrices genotípicas fueron de 50.854 SNP para indica y 23,614 SNP para japónica.

Primero realizamos una preselección de variables climáticas con el método de mínimos cuadrados parciales (PLS, por su sigla en inglés), utilizando como variable de respuesta las medias ajustadas de cada genotipo para cada ambiente (G_{ij}), el efecto genotipo en cada ambiente (g_{ij}), y el efecto genotipo por ambiente ($g \times e_{ij}$), y como variable de respuesta la matriz con 144 variables climáticas y períodos. Esto se realizó con el paquete de R *mdatools* (Kucheryavskiy, 2020).

Luego, incorporamos las variables y períodos de tiempo seleccionados por PLS en un modelo MRA por un procedimiento de selección de variables por pasos, incorporando las variables seleccionadas para en los modelos G y las seleccionadas para en los modelos GxE. Esto implicó comenzar con un modelo de referencia sin covariables (modelo BaseG para modelos G y modelo BaseGxE modelos GxE) y luego probar la adición de cada covariable en función de la habilidad predictiva del modelo. Los modelos BaseG

y BaseGxE consistieron en modelos *single-step* H-BLUP, que modelan las covarianzas de los efectos aleatorios del genotipo y de la interacción genotipo por ambiente con una matriz H construida combinando información genómica y de pedigrí (Aguilar *et al.*, 2010). La habilidad predictiva se estimó como la correlación de Pearson entre los valores predichos por el modelo y la media del genotipo ajustado correspondiente (G_{ij}), en base a una validación cruzada de siete particiones aleatorias y 1000 iteraciones. Adicionalmente, los modelos BaseG, BaseGxE, FullG y FullGxE fueron evaluados en escenarios de predicción de ambientes y años desconocidos en base a su habilidad predictiva en validaciones cruzadas de «dejar un año fuera» y «dejar un ambiente afuera». Esto se realizó con el programa *blupf90* (Misztal *et al.*, 2018).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las variables climáticas y períodos preseleccionados se presentan en el cuadro 1. Todos los MRA que incluyeron variables climáticas tuvieron mejor habilidad predictiva que los modelos base en ambas poblaciones (figura 1). En indica, la habilidad predictiva promedio del modelo FullG fue de 0.65, un 28.3 % mayor que la del modelo BaseG. El modelo FullGxE tuvo una habilidad predictiva promedio de 0.76, superando en 1.9 % a la del BaseGxE. En japónica la habilidad predictiva promedio del modelo FullG fue 0.75,

Cuadro 1. Variables climáticas y períodos (días antes y después de floración) para cada variable de respuesta en las poblaciones indica y japónica, ordenadas alfabéticamente.

Variable de respuesta	Población	G_{ij}	g_{ij}	$g \times e_{ij}$
Variables seleccionadas	índica	Evapotranspiración 10-30 Temp. máxima 20-20 Radiación 20-10 Viento 5-35	Evapotranspiración 20-10 Temp. máxima 20-20 Viento 5-35	Evapotranspiración 20-10 Unidades térmicas 20-20 Temp. máxima 20-20 Temp. media 20-20
	japónica	Amplitud térmica 35-5 Unidades térmicas 35-5 Temp. máxima 35-5 Temp. media 35-5	Evapotranspiración 35-5 Precipitación día 10-10 Horas de sol 35-5 Viento 10-30	Temp. media 10-20 Precipitación 10-10 Radiación 5-35 Humedad relativa 5-35 Viento 10-10

³³ GRAS: <http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>

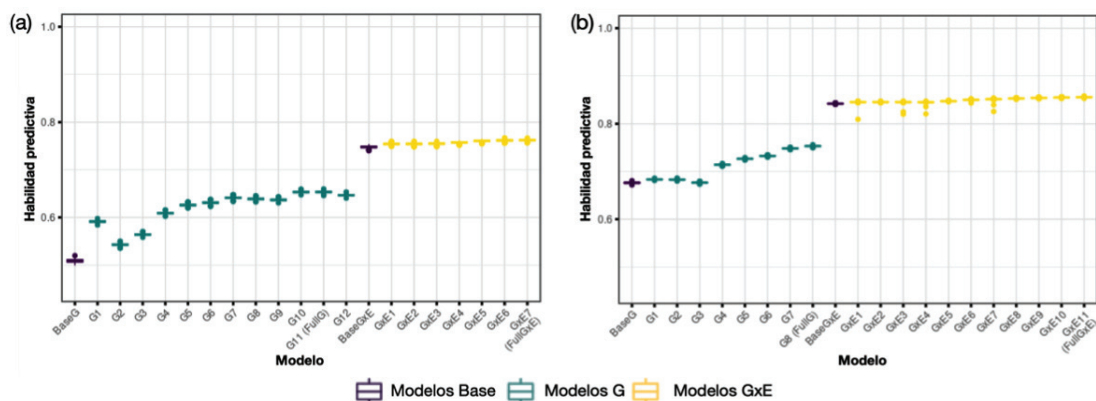


Figura 1. Boxplot de la habilidad predictiva de los modelos en base a la validación cruzada de siete particiones y 1000 iteraciones para índica (a) y japónica (b).

superando en 11.4 % al BaseG, mientras que para el FullGxE fue de 0.86, un 1.6 % mayor a la del BaseGxE. Los MRA (alternativamente el modelo FullG o el FullGxE), superaron en promedio a los modelos sin covariables climáticas para predecir años y ambientes no evaluados en ambas poblaciones (cuadro 2). Para la predicción de años desconocidos, los MRA mostraron una mayor habilidad predictiva que ambos modelos de referencia en 13 de 18 años (72.2 %) en índica y en 12 de 21 años (57.1 %) en japónica. En índica, la habilidad predictiva general para los años desconocidos con ambos MRA fue un 40 % más alta que cualquiera de los modelos de referencia. Por el contrario, FullG fue superado por todos los demás modelos al predecir ambientes desconocidos, mostrando FullGxE la mejor habilidad predictiva para este escenario. En japónica, el modelo FullGxE mostró la habilidad predictiva general más alta tanto en ambientes como en años desconocidos en un 4-31 %.

CONCLUSIONES

Se identificaron las covariables climáticas con mayor influencia en el rendimiento y en la IGA. Las variables climáticas que se relacionaron con el rendimiento y la IGA fueron diferentes en índica y japónica. Los MRA permitieron modelar la respuesta diferencial de cada genotipo a estas variables ambientales. Por otra parte, el uso del modelo *single-step* con la matriz H que combina información de pedigrí con información genómica permitió aprovechar la extensa información fenotípica histórica y climática disponible. La combinación de MRA y *single-step* permitió modelar las normas de reacción de los genotipos del PMGA a todo el rango de condiciones climáticas registradas en la historia del programa.

Este trabajo demuestra que la predicción genómica del rendimiento tanto para ambientes conocidos como desconocidos mejora al modelar la respuesta diferencial de cada

Cuadro 2. Habilidad predictiva promedio de los escenarios de predicción «dejar un año afuera» y «dejar un ambiente afuera» para índica y japónica.

Población	Escenario de predicción	BaseG	FullIG	BaseGxE	FullGxE
índica	«dejar un año afuera»	0.24	<u>0.35</u>	0.24	0.34
	«dejar un ambiente afuera»	0.28	0.22	0.32	<u>0.32</u>
japónica	«dejar un año afuera»	0.23	0.22	0.28	<u>0.29</u>
	«dejar un ambiente afuera»	0.3	0.26	0.34	<u>0.36</u>

genotipo a covariables climáticas relacionadas con el rendimiento y la IGA mediante MRA. La implementación de estos modelos permitiría hacer un uso más eficiente de los recursos del PMGA.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I.; Misztal, I.; Johnson, D. L.; Legarra, A.; Tsuruta, S.; Lawlor, T. J.** 2010. Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score1. *Journal of Dairy Science*, 93(2): 743–752. <http://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>
- Kucheryavskiy, S.** 2020. *mdatools* – R package for chemometrics. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 198, 03937. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.chemo-lab.2020.103937>
- Meuwissen T. H. E.; Hayes B. J.; Goddard M. E.** 2001. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157(4): 1819–29. doi: <http://doi.org/10.1093/genetics/157.4.1819>
- Misztal, I.; Tsuruta, S.; Lourenco, D. A. L.; Masuda, Y.; Aguilar, I.; Legarra, A.; Vitezica, Z.** 2018. Manual for BLUPF90 family of programs. Disponible en: <http://nce.ads.uga.edu/wiki/doku.php?id=documentation>
- Rebollo, I.; Scheffel, S.; Iriarte, W.; Blanco, P.; Molina, F.; Peirez de Vida, F.; Rosas, J.** 2020. Consolidación de los datos históricos del programa de mejoramiento de arroz en una base de datos. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.) Arroz 2020. Montevideo: INIA. p. 5-8. (INIA Serie Técnica, 257). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

11. INTENSIFICACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: BUSCANDO EL EQUILIBRIO EN LAS ROTACIONES ARROCERAS.

PARTE 1: CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO

I. Macedo³⁴, C. M. Pittelkow³⁵, A. Roel³⁶ y J. Terra³⁷

PALABRAS CLAVE: carbono orgánico, biomasa, productividad.

INTRODUCCIÓN

Este artículo sintetiza la información más relevante del artículo *Irrigated rice rotations affect yield and soil organic carbon sequestration in temperate South America* publicado en *Agronomy Journal* (Macedo *et al.*, 2022).

Los sistemas arroceros que rotan con pasturas perennes que integran la ganadería vienen experimentando un proceso de intensificación en Sudamérica, como forma de incrementar su productividad de granos y de optimizar los márgenes. Sin embargo, los efectos sobre la productividad del arroz y la calidad de los suelos en el largo plazo permanecen poco estudiados. Este proceso de intensificación se ha efectuado fundamentalmente a través de una reducción de la fase de pasturas, de una mayor integración de cultivos anuales y de un desacople con los sistemas ganaderos al remplazar rotaciones históricamente complejas por secuencias de cultivos simplificadas (Carvalho *et al.*, 2021).

El carbono orgánico del suelo (COS) es la base de la calidad del suelo y sus funciones en los agroecosistemas, y afecta la productividad de los cultivos (Oldfield *et al.*, 2019). Los efectos netos de la intensificación de los sistemas arroz-pasturas sobre el COS son inciertos, debido a que el sistema de referencia está compuesto por dos factores que afectan positivamente el balance de carbono (pasturas y suelo inundado con arroz), y la pérdida de uno podría compensarse potencialmente con ganancias en el otro (ej. sustitución de pasturas por más frecuencia de arroz).

La hipótesis es que los sistemas arroceros sin pasturas perennes no son capaces de sostener el COS, lo cual afecta la productividad del arroz en el largo plazo. Los objetivos planteados fueron: 1) evaluar la productividad del arroz luego de ocho años de intensificar un sistema arroz-pastura estable, 2) cuantificar la evolución del COS y del nitrógeno total del suelo (NT), y 3) analizar la relación entre la biomasa total (planta y raíces) y el COS.

³⁴ I. Macedo, M. Sc. Programa Nacional de Arroz. INIA. Universidad de California-Davis. imacedo@ucdavis.edu

³⁵ C. M. Pittelkow, Ph. D. Profesor asociado. Universidad de California-Davis. cpittelkow@ucdavis.edu

³⁶ A. Roel, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. aroel@inia.org.uy

³⁷ J. Terra, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. jterra@inia.org.uy

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de largo plazo (ELP) fue instalado en 2012 en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres. El suelo dominante en el sitio es un Argialbolls con 0.5 % pendiente de la Unidad La Charqueada. El uso del suelo previo a la instalación del ELP se basó en una rotación estable arroz-pasturas (30 % del tiempo con cultivos) con laboreo convencional durante 34 años.

Aunque el ELP compara seis rotaciones, para este trabajo se seleccionaron solo las tres más contrastantes para evaluar los efectos luego de ocho años: 1) arroz-pastura larga (dos cultivos de arroz separados por raigrás seguidos por una pastura de festuca, trébol blanco y lotus de tres años); 2) arroz-soja (con raigrás entre arroz-soja y trébol alejandrino entre soja-arroz) -un sistema emergente en Uruguay y frecuente en el sur de Brasil-; y 3) arroz continuo (con trébol alejandrino en invierno), no practicado en Uruguay. Esta última solo se estudia a los efectos de generar diferentes contrastes de intensidad y considerando que, con algunas variantes, es el sistema dominante a nivel global.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar con tres repeticiones con todas las fases de las rotaciones presentes en tiempo y espacio. Las parcelas/ unidades experimentales son de 1200 m² (60*20 m parcela). Todo el ELP se maneja con siembra directa y a los cultivos se les aplican las pautas de fertilización, control de malezas, riego, etc. recomendadas por el INIA. La pastura perenne es pastoreada con ovinos cada 30 días durante todo el año.

Se evaluó la productividad del arroz, la producción de biomasa de los cultivos y de las pasturas, y el COS y el NT en los primeros 15 cm del suelo. Se analizaron los datos desde la instalación del experimento en 2012 hasta 2019, cuando se consideró que todas las rotaciones estaban estabilizadas.

RESULTADOS PRELIMINARES

Productividad de arroz

La productividad media del arroz fue de 9.4 t/ha (figura 1). El arroz inmediatamente después de soja o pastura presentó los mayores rendimientos, alcanzando 9.8 t/ha, mientras que los rendimientos del arroz continuo o sobre rastrojo de segundo año presentaron la menor productividad.

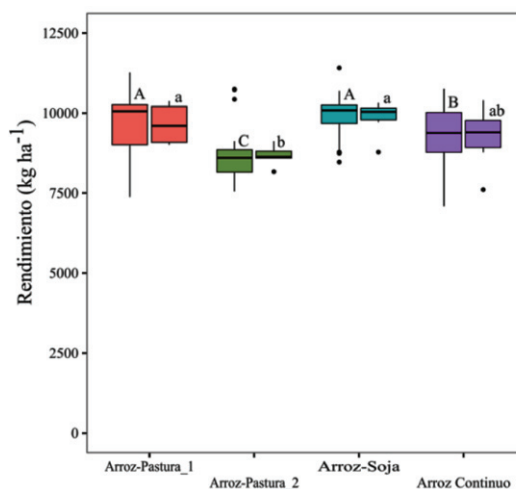


Figura 1. Rendimiento de arroz (13 % humedad) bajo distintas rotaciones. Las letras mayúsculas indican diferencias entre tratamientos en el rendimiento para todos los años y las letras minúsculas indican diferencias para las últimas dos zafas evaluadas ($p < 0.05$).

Carbono orgánico del suelo y nitrógeno total

Durante esta primera fase del ELP (ocho años) el COS en la rotación arroz-pastura incrementó a una tasa de 0.6 t/ha/año, mientras que no se observaron cambios en los contenidos de las rotaciones más intensas (figura 2 A-B-C). El NT del suelo presentó un comportamiento similar al COS en la rotación con pasturas, mientras que no manifestó cambio en las otras dos rotaciones más intensas (figura 2 D-E-F).

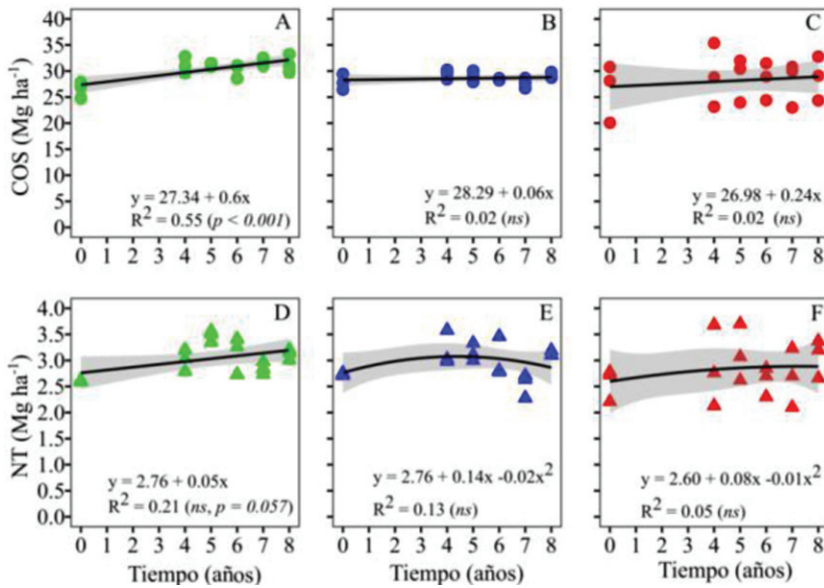


Figura 2. Evolución de carbono orgánico del suelo (COS) y nitrógeno total (NT) a 15 cm de profundidad durante ocho años para tres rotaciones: arroz-pastura (A y D), arroz-soja (B y E) y arroz continuo (C y F).

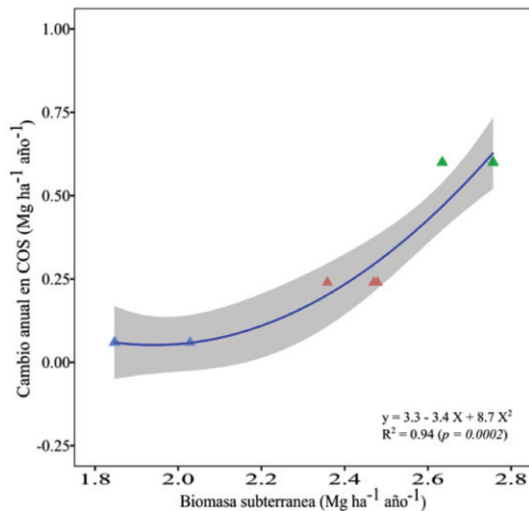


Figura 3. Relación entre el cambio anual del carbono orgánico del suelo (COS) en 15 cm de profundidad y la producción anual de biomasa subterránea estimada para tres rotaciones: arroz-pastura (verde); arroz-soja (azul); arroz continuo (rojo).

Relación entre biomasa y carbono orgánico de suelo

El sistema de arroz continuo fue el que presentó la mayor biomasa aérea (datos no presentados) que, en teoría, podría ayudar al incremento del COS. Sin embargo, se encontró que la biomasa generada (estimada) por las raíces fue el factor más relacionado con las variaciones del COS en las tres rotaciones (figura 3). Otro hallazgo fue que son necesarias al menos 2.4 t/ha/año de biomasa de raíces para empezar a acumular COS.

CONCLUSIONES

En la evaluación de los primeros ocho años de estas rotaciones los arroces sobre soja o pastura presentaron los mayores niveles de productividad (9.8 t/ha), 9 % mayor que la productividad del arroz continuo o la productividad del segundo año de arroz de la rotación arroz-pastura.

La rotación arroz-pastura incrementó el carbono orgánico del suelo a una tasa de 0.6 t/ha/año, mientras que no se observaron

cambios en los contenidos de las rotaciones más intensas. La producción de biomasa subterránea fue mayor en la rotación arroz-pastura respecto a las otras dos, siendo este el factor más asociado con la acumulación de carbono orgánico del suelo. Todos los sistemas lograron mantener el nitrógeno total en el suelo.

Estos resultados proveen insumos para la implementación de rotaciones arroceras sustentables. La rotación con pasturas y animales es la única capaz de incrementar el carbono orgánico del suelo en el mediano plazo manteniendo altas productividades de arroz, aunque se debe trabajar en la mitigación de los efectos negativos de los rastrojos sobre la productividad del arroz.

BIBLIOGRAFÍA

- Carvalho, P. C. de F.; Savian, J. V.; Della Chiesa, T.; De Souza Filho, W.; Terra, J. A.; Pinto, P.; Posselt Martins, A.; Villarino, S.; Da Trindade, J. K.; De Albuquerque Nunes, P. A.; y Piñeiro, G.** 2021. Land-use intensification trends in the Rio de la Plata Region of South America: Toward specialization or recoupling crop and livestock production. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(1), 97-110. <http://doi.org/10.15302/J-FASE-2020380>
- Macedo, I.; Roel, A.; Ayala, W.; Pravia, M. V.; Terra, J. A.; y Pittelkow, C. M.** 2022. Irrigated rice rotations affect yield and soil organic carbon sequestration in temperate South America. *Agronomy Journal*, 114(2), 961-975. <http://doi.org/10.1002/agj2.20964>
- Oldfield, E. E.; Bradford, M. A. and Wood, S. A.** 2019. Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields, *SOIL*, 5, 15–32. <http://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>.

12. INTENSIFICACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: BUSCANDO EL EQUILIBRO EN LAS ROTACIONES ARROCERAS.

PARTE 2: ESTABILIDAD PRODUCTIVA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL

I. Macedo³⁸, C. M. Pittelkow³⁹, A. Roel⁴⁰ y J. Terra⁴¹

PALABRAS CLAVE: arroz, múltiples indicadores, estabilidad.

INTRODUCCIÓN

Este artículo sintetiza la información más relevante del artículo *Intensification of rice-pasture rotations with annual crops reduces the stability of sustainability across productivity, economic, and environmental indicators* publicado en *Agricultural Systems* (Macedo *et al.*, 2022).

Los sistemas integrados cultivo-pasturas con producción animal están sometidos a un proceso de intensificación a nivel mundial (Carvalho *et al.*, 2021). Sin embargo, el desacople de los procesos de producción animal y cultivos de estos sistemas puede llevar a sistemas que, si bien son más especializados, pueden ser más dependientes de recursos externos y, potencialmente, generar mayores externalidades negativas.

En este trabajo se evaluaron indicadores productivos, económicos y ambientales de tres rotaciones arroceras contrastantes de un experimento de largo plazo (ELP) luego de siete años. Los objetivos planteados fueron: 1) desarrollar un índice multicriterio que inte-

gre aspectos de productividad, económicos y ambientales; 2) evaluar la estabilidad de este índice en las tres rotaciones a lo largo del período de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ELP está localizado en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres sobre un suelo Argialboll con 0.5 % pendiente de la Unidad La Charqueada. El uso del suelo del sitio, previo a la instalación del ELP en 2012, consistió en una rotación arroz-pastura-ganadería con laboreo durante 34 años con 30 % del tiempo con cultivos.

Para este trabajo se analizaron datos de los primeros siete años de tres de las seis rotaciones presentes en el ELP correspondientes al período de estabilización de los sistemas. Las rotaciones analizadas fueron: 1) arroz-pastura (dos años de arroz y tres de pasturas); 2) arroz- soja (arroz y soja en años alternados); y 3) arroz continuo (todos los años arroz). Esta última no se realiza en Uruguay y solo se estudia a los efectos de

³⁸ I. Macedo, M. Sc. Programa Nacional de Arroz. INIA. Universidad de California-Davis. imacedo@ucdavis.edu

³⁹ C. M. Pittelkow, Ph. D. Profesor asociado. Universidad de California-Davis. cpittelkow@ucdavis.edu

⁴⁰ A. Roel, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. aroel@inia.org.uy

⁴¹ J. Terra, Ph. D. Investigador Principal Referente. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. INIA. jterra@inia.org.uy

Cuadro 1. Indicadores productivos, ambientales y económicos evaluados en las tres rotaciones arroceras del experimento de largo plazo.

Indicador	Unidad	Descripción
Productividad	GJ ha/año	Incluye producción total de granos y carne en cada rotación
Uso de energía das	MJ ha/año	La energía usada en las actividades de manejo y asociadas intrínsecamente a los insumos
Uso de nitrógeno	N kg/ha/año	N de fertilizantes inorgánicos
Huella parcial de carbono (CF)	CO ₂ eq kg/ha/año	Emisiones por las actividades de manejo y directas de campo (CH ₄ y N ₂ O emisiones) basadas en el IPCC, 2006
Eficiencia en el uso de energía (EUE)	MJ/MJ	Productividad por unidad de energía utilizada
Eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN)	GJ/kg N	Productividad por unidad de nitrógeno utilizado
CF escalado por productividad	Kg CO ₂ eq/GJ	Huella parcial de carbono por unidad de producto
Ingreso	USD/ha/año	Ingreso basado en las salidas del sistema (grano o carne)
Costo	USD/ha/año	Insumos
Margen bruto	USD/ha/año	Resta entre ingresos y costos

generar diferentes contrastes de intensidad. Todas las rotaciones tuvieron cultivos de cobertura de raigrás (antecediendo soja) o trébol alejandrino (antecediendo arroz) entre cultivos anuales. El manejo de todo el ELP fue con siembra directa y se siguieron las pautas de manejo agronómico recomendadas por el INIA. El diseño del ELP fue de bloques completos al azar con tres repeticiones con todas las fases de las rotaciones presentes en tiempo y espacio. El tamaño de

cada parcela es de 1200 m² (60*20m).

Diez indicadores que cubren aspectos de productividad, huella ambiental y económicos fueron determinados a lo largo de los siete años de estudio (2012-2018) basados en los datos de las actividades del ensayo (cuadro 1).

A los efectos de integrar los indicadores, estos fueron normalizados y transformados de manera de que siempre el valor más alto

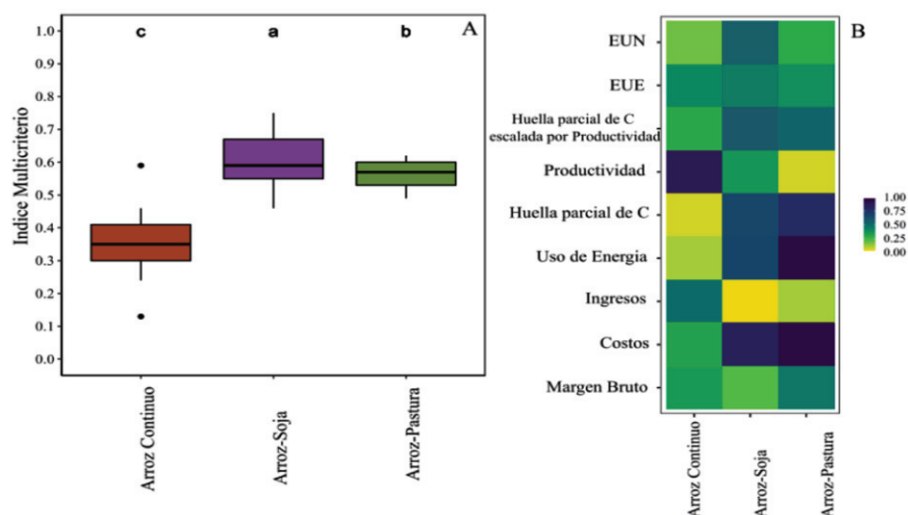


Figura 1. Gráfico de cajas del índice multicriterio (0-1) (A) y mapa de calor de los indicadores normalizados incluidos en el índice multicriterio (0-1) (cuanto más cercano a 1, mejor) (B) para tres rotaciones. Letras diferentes indican diferencias entre las rotaciones (p < 0.05).

corresponda a la mejor *performance*, independientemente del indicador, y se generó un índice global multicriterio que integraba estos aspectos (cuanto más cerca de 1 estuviese el índice, mejor).

Para evaluar su estabilidad fueron calculados el rango, el coeficiente de variación (CV) (%), la varianza temporal y la pendiente de la evolución del índice multicriterio sobre el índice ambiental promedio (promedio del índice multicriterio para cada año ordenado de menor a mayor).

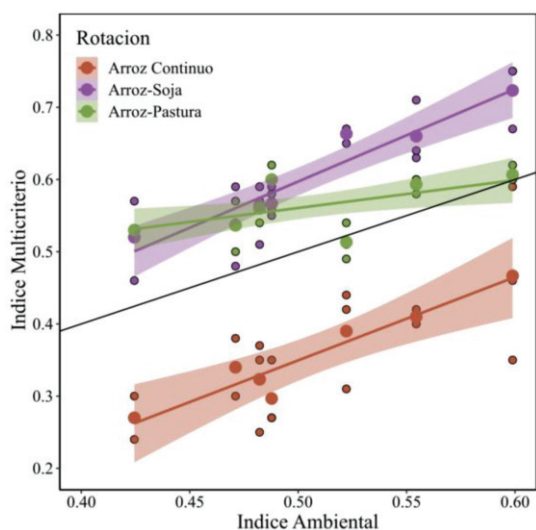


Figura 2. Estabilidad de tres rotaciones determinada por la pendiente de la regresión lineal entre el índice multicriterio y el índice ambiental. La línea negra ilustra la relación 1:1.

RESULTADOS PRELIMINARES

Índice multicriterio

Al integrar todos los indicadores, la rotación que alternó arroz-soja presentó el mayor valor (0.6), que fue algo superior a la rotación arroz-pastura (0.56) y ambas con un desempeño muy por encima al arroz continuo (0.35).

Estabilidad del índice

En la figura 2 se presenta el comportamiento del índice multicriterio (eje Y) en cada una de las rotaciones analizadas a lo largo de un índice ambiental (eje X). Este índice ambiental se configura ordenando de menor (peores condiciones) a mayor (mejores condiciones) los valores del índice multicriterio a lo largo de los siete años analizados.

Al analizar la estabilidad de estos tres sistemas (cuadro 2) se apreció que en todos los parámetros asociados a esta característica el sistema arroz-pastura presentó los mejores registros: un menor rango, un menor CV y variabilidad temporal, y una menor pendiente. Esto sugiere que este sistema es más resiliente y estable a los distintos escenarios de las combinaciones de dimensiones de los diferentes indicadores que se dieron durante los siete años iniciales.

CONCLUSIONES

El índice global multicriterio como estimador de la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas fue mayor en la rotación arroz-soja que en la rotación arroz-pasturas, aunque ambas presentaron valores muy por

Cuadro 2. Parámetros de estabilidad del índice multicriterio y respectivo ranking para tres rotaciones arroceras seleccionadas del experimento de largo plazo.

Rotación	Parámetros de estabilidad del índice multicriterio				
	Rango	CV (%)	Varianza temporal	Pendiente	Ranking
Arroz continuo	0.46 (3)	27.50 (3)	0.12 (3)	1.33 a (3)	3
Arroz-soja	0.29 (2)	13.45 (2)	0.10 (2)	1.28 a (2)	2
Arroz-pastura	0.13 (1)	6.99 (1)	0.03 (1)	0.39 b (1)	1

encima que el arroz continuo. Sin embargo, las dos rotaciones de mayor intensificación (arroz-soja y arroz continuo) tuvieron registros de menor estabilidad en todos los parámetros analizados.

La información sugiere cautela a la hora de estudiar alternativas para intensificar los sistemas integrados dado sus mayores huellas ambientales, así como la generación de similares o menores márgenes económicos pero mayores incertidumbres (riesgos).

BIBLIOGRAFÍA

- Carvalho, P. C. de F.; Savian, J. V.; Della Chiesa, T.; De Souza Filho, W.; Terra, J. A.; Pinto, P.; Posselt Martins, A.; Villarino, S.; Da Trindade, J. K.; De Albuquerque Nunes, P. A.; y Piñeiro, G.** 2021. Land-use intensification trends in the Rio de la Plata Region of South America: Toward specialization or recoupling crop and livestock production. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 8(1), 97-110. <http://doi.org/10.15302/J-FASE-2020380>
- Macedo, I., Roel, A., Velazco, J. I., Bordagorri, A., Terra, J. A., & Pittelkow, C. M.** 2022. Intensification of rice-pasture rotations with annual crops reduces the stability of sustainability across productivity, economic, and environmental indicators. *Agricultural Systems*, 202, 103488. <http://doi.org/10.1016/j.agry.2022.103488>

13. INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE PARA UNA MAYOR PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ARROZ URUGUAY EN EL CONTEXTO INTERNACIONAL

G. Carracelas⁴²

PALABRAS CLAVE: sostenibilidad, brecha de rendimiento, impacto ambiental.

INTRODUCCIÓN

El arroz es el alimento básico principal para más de la mitad de la población mundial y a medida que esta incrementa existirá un aumento en la demanda de arroz. El gran desafío a futuro para la producción mundial de arroz es: cómo producir más arroz en las áreas de cultivo ya existentes minimizando el impacto ambiental.

El siguiente trabajo sintetiza los resultados de un análisis de comparación de los sistemas de cultivo de arroz en todo el mundo en términos de productividad y eficiencia en el uso de insumos. El objetivo principal es identificar oportunidades de mejora hacia una intensificación sostenible para lograr una mayor producción de arroz: principal alimento a nivel global.

MATERIALES Y MÉTODOS

Información detallada de la metodología utilizada se puede acceder en el trabajo completo⁴³; en resumen, consistió en determinar los rendimientos de arroz (potencial y actual),

brechas de rendimiento y la eficiencia en el uso de recursos (agua, fertilizantes, pesticidas, mano de obra, energía y el potencial de calentamiento global asociado) en 32 sistemas de cultivo de 18 países productores de arroz (51 % del área mundial cosechada de arroz). Para la determinación de rendimiento potencial, actual y brechas de rendimiento, se utilizó en la mayoría de los países la información reportada en el Global Yield Gap Atlas⁴⁴.

Para determinar eficiencias en el uso de recursos fueron recopilados datos de insumos agrícolas e información agronómica a través de cuestionarios estructurados completados por especialistas agrícolas en cada país o región. Los datos recopilados incluyeron el área promedio de chacras, métodos de laboreo y establecimiento del cultivo, el grado de mecanización para cada operación de campo, fecha y densidad de siembra, fechas de cosecha, dosis y tipos de fertilizantes, pesticidas (número de aplicaciones), cantidad de agua de riego, fuente de energía para el bombeo de riego, mano de obra, manejo del rastrojo, entre otros. La información para

⁴² G. Carracelas, M.Sc. Investigador. INIA. gcarracelas@inia.org

⁴³ El trabajo completo fue publicado en Nature Communications: «Sustainable intensification for a larger global rice bowl». Los autores del trabajo fueron: Shen Yuan, Bruce A. Linnquist, Lloyd T. Wilson, Kenneth G. Cassman, Alexander M. Stuart, Valerien Pedde, Berta Miro, Kazuki Saito, Nurwulan Agustiani, Vina Eka Aristya, Leonardus Y. Krisnadi, Alencar Junior Zanon, Alexandre Bryan Heinemann, Gonzalo Carracelas, Nataraja Subash, Pothula S. Brahmanand, Tao Li, Shaobing Peng & Patricio Grassini. En el siguiente link se puede acceder a la publicación <http://www.nature.com/articles/s41467-021-27424-z>

⁴⁴ Disponible en: www.yieldgap.org

cada sistema de cultivo se obtuvo de datos publicados disponibles en cada país: encuestas, proyectos anteriores e investigaciones de revistas arbitradas. Los datos se validaron de forma cruzada con otras bases de datos independientes (por ejemplo, FAOSTAT, Banco Mundial, IFA y artículos arbitrados publicados), lo que da confianza sobre la representatividad y precisión de los datos de la encuesta. Los datos meteorológicos diarios como radiación solar diaria, temperaturas mínimas y máximas y la precipitación, se obtuvieron de estaciones meteorológicas representativas en cada región.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel mundial hay posibilidades de continuar aumentando la producción de arroz. Alrededor de dos tercios del área total de arroz incluida en este trabajo tiene rendimientos que están por debajo del rendimiento alcanzable a lograr con buenas prácticas agronómicas (figura 1).

Reducir la brecha de rendimiento existente requiere un mejor manejo de nutrientes, agua, plagas, enfermedades, reducción del

riesgo de producción, entre otros factores. Es necesaria la implementación de programas de mejoramiento que liberen cultivares de arroz con una mayor tolerancia a las plagas y enfermedades. Uruguay, se encuentra en una posición destacada a nivel mundial al considerar la mayoría de los indicadores evaluados como: potencial de calentamiento global, aplicaciones de pesticidas, fertilización N y uso de agua en base a rendimiento o área cultivada (figura 2).

Existen oportunidades para que muchos sistemas de arroz reduzcan sustancialmente el impacto ambiental negativo y logren igual o mayores rendimientos de arroz. Uruguay se ubica sexto en el ranking mundial, con valores del indicador global de performance por encima de la mayoría de los países arroceros y muy cercanos a países como Australia, USA, China (Norte) que registraron los mejores valores de este indicador (figura 3).

Este trabajo confirma que es posible lograr altos rendimientos con bajo impacto ambiental por unidad de producción. El gran desafío de cumplir con el doble propósito de producir más y minimizar la huella ambiental es posible y no están en conflicto. Dentro de las oportunidades de mejora identificadas para Uruguay se destacan: 1. la posibilidad

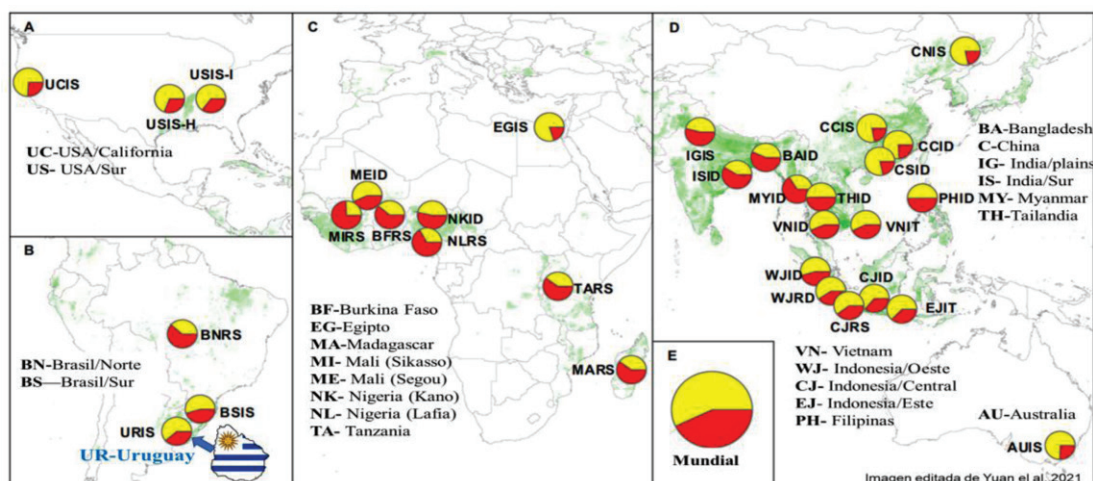


Figura 1. Mapa de brecha de rendimiento (color rojo) y rendimiento actual (amarillo) expresados como porcentaje del rendimiento potencial. Los paneles son A: América del Norte, B: América del Sur, C: África, D: Asia y Australia y E: mundial. El código de sistema de cultivo incluye: región (primeras dos letras, referencias en mapa), régimen hídrico (tercera letra): regado (I) y secano; e intensidad de cultivo de arroz (cuarta letra): uno (S), dos (D) y tres cultivos por año (T). En el sur de USA se incluyen: híbridos (H) y variedades (I).

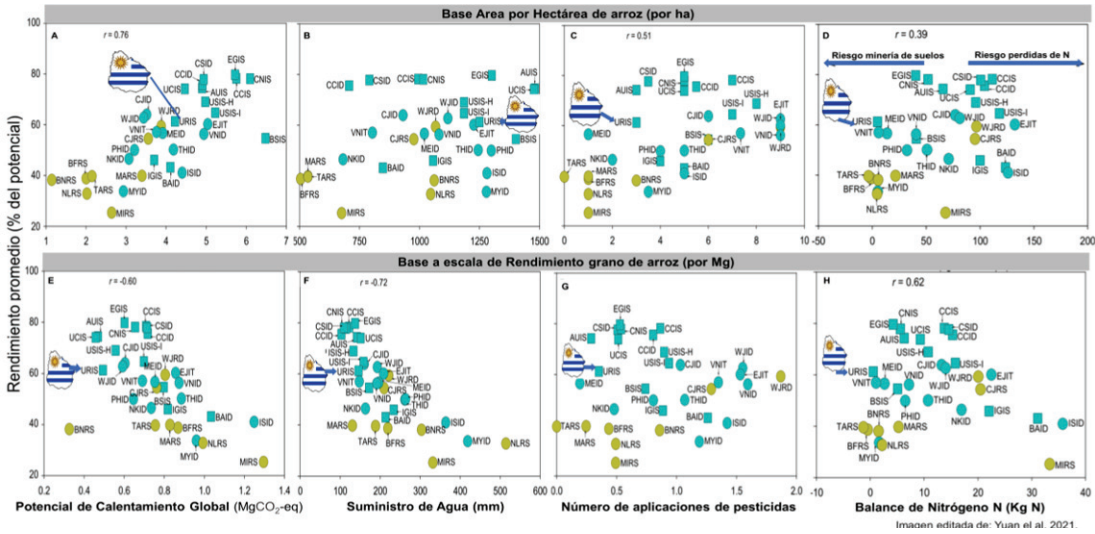


Figura 2. Potencial de calentamiento global ($MgCO_2\text{-eq}$), suministro de agua (mm), número de aplicaciones de pesticidas y balance de nitrógeno (kg N) en base al rendimiento de arroz (como porcentaje relativo al potencial en 32 sistemas del cultivo de arroz, expresados en base al área -por ha-) (A, B, C, D) y en base a rendimiento (por Mg = tonelada grano) (E,F,G,H). \circ corresponde a las regiones tropicales y \square a regiones no tropicales. Color verde son sistemas con riego y en color amarillo secano. r = coeficiente de correlación de Pearson (r) ($p < 0.01$; $n = 32$ sistemas de cultivo). Códigos del sistema están en figura 1.

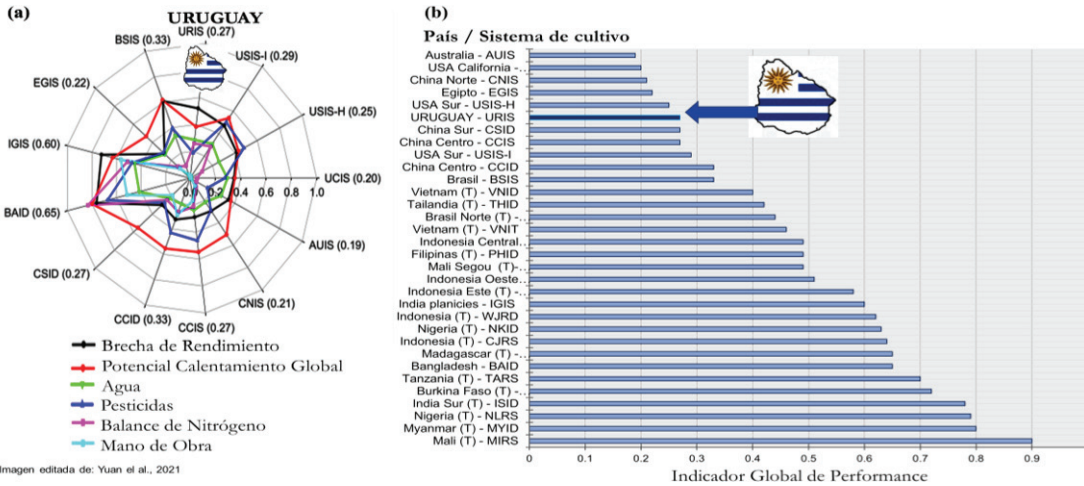


Figura 3. a) Comparación entre 13 sistemas de cultivo de arroz en regiones no tropicales. Valores entre paréntesis indican el índice global normalizado en relación con el valor máximo de los sistemas. b) Ranking de los 32 sistemas de cultivos de arroz en función del índice global. Valores ordenados de menor (mejor performance) a mayor.

de continuar reduciendo la brecha de rendimiento, lo cual ya se viene logrando dado el aumento en el área sembrada registrada recientemente con cultivares modernos resistentes a enfermedades de alta respuesta a la fertilización nitrogenada desarrollados por INIA. 2. mantener el balance de nitrógeno positivo y fuera de los riesgos de realizar

extracciones elevadas «minería» de suelos o pérdidas reactivas de nitrógeno al ambiente (figura 2D). En este sentido, el uso de tecnologías y herramientas de soporte para la toma de decisiones desarrolladas por INIA para optimizar el manejo de la fertilización, monitoreo satelital, sumado a la incorporación de nuevas forrajeras leguminosas (INIA)

para rotaciones con arroz, permitirán mantener positivo el balance de nitrógeno fuera de las zonas de riesgo (<75 kg N/ha). De esta manera Uruguay seguirá aumentando el excelente valor ya registrado del indicador global a nivel mundial.

CONCLUSIONES

La mayoría de los sistemas de cultivo tienen espacio para aumentar el rendimiento y la eficiencia en el uso de los recursos o ambos. Lograr altos rendimientos, así como una alta eficiencia en el uso de los recursos no son objetivos contradictorios.

Este estudio proporciona información esencial para la identificación de sistemas con mayores brechas de rendimiento, con

oportunidades de aumentar el rendimiento de los cultivos y la eficiencia en el uso de los recursos, así como orientar los programas de investigación y desarrollo agrícola a escala nacional-mundial para garantizar un suministro adecuado de arroz minimizando el impacto ambiental en las próximas décadas.

BIBLIOGRAFÍA

Yuan, S.; Linquist, B.A.; Wilson, L.T.; Cassman, K.G.; Stuart, A.M.; Pede, V.; Miro, B.; Saito, K.; Agustiani, N.; Aristya, V.E.; Krisnadi, L.Y.; Zanon, A.J.; Heinemann, A.B.; Carracelas, G.; Subash, N.; Brahmanand, P.S.; Li, T.; Peng, S.; Grassini, P. 2021. Sustainable intensification for a larger global rice bowl. *Nature Communications*, 12, art. 7163. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27424-z>

14. NUEVOS CULTIVARES DE ARROZ EN VALIDACIÓN ZAFRA 2021-2022

A. L. Pereira⁴⁵ y A. Pimienta⁴⁶

PALABRAS CLAVE: nuevas variedades, rendimientos, zonas productivas.

INTRODUCCIÓN

La dinámica de adopción de nuevos cultivares de arroz por parte del sector arrocero ha tenido cambios importantes en los últimos años. El estrecho margen económico que deja el cultivo al no obtenerse altas productividades o incluso el abandono de la actividad, generaron la imperiosa necesidad de utilizar cultivares cada vez más productivos, adaptados a nuestras condiciones y resistentes a *Pyricularia*. Otra opción para mantenerse en el rubro, y mejorar los resultados económicos, es la producción de variedades especiales que pagan un precio diferencial en determinados mercados. La actual coyuntura ha favorecido la apertura al recambio varietal y la adopción, por parte de los productores y la industria, de nuevos materiales. Esta apertura ha sido un nuevo desafío para INIA, a la vez que, una oportunidad para adaptarse rápidamente a estos cambios, ofrecer al sector además del lanzamiento de materiales superiores a los existentes, su adecuada validación en campos de productores y el paquete de manejo necesario para la adopción efectiva del nuevo cultivar. Luego de la liberación de INIA Merín, cultivar que rápidamente pasó a ser el más sembrado en Uruguay, fueron licenciados los cultivares INIA Cuareim (SLI09197) e INIA Ámbar (aromático) en el año 2021 y el cultivar SLI09193 en el 2022. En este contexto se enmarca el objetivo del presente trabajo para la obtención de información respecto al comportamiento de los nuevos materiales en diferentes ambientes y sistemas productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología de trabajo comienza con la multiplicación de semilla en INIA para luego ser distribuida a las empresas integrantes del Consorcio Semillerista de Arroz. Este es el inicio del proceso de validación realizado en conjunto entre el INIA, la Asociación Cultivadores de Arroz (ACA), la Gremial de Molinos Arroceros (GMA) y la Cooperativa de Productores de Arroz (Coopar) en el marco del Convenio de validación, licencia temprana y producción de semilla de cultivares de arroz que está vigente desde el año 2007. Todos los años son realizadas reuniones entre INIA, ACA, GMA y Coopar donde, entre otros temas, se define como será distribuida la semilla de los nuevos cultivares o líneas promisorias de arroz que se siembran en los campos de productores para validar sus aptitudes. El objetivo es sembrar en las tres zonas productivas del país, a menos que por resultados previos ya se conozca su adaptación a zonas determinadas, y en diferentes sistemas productivos. En esta zafra los cuatro nuevos cultivares fueron sembrados en 94 chacras de 42 productores totalizando un área de 4509 ha en las tres zonas productivas del país (cuadro 1). Se realizaron recorridas en etapa de implantación a inicio de riego y luego en precosecha en algunas de las chacras sembradas para observar el desarrollo de los cultivares en diferentes situaciones. La información detallada de la historia de la chacra y del manejo realizado a cada una de las áreas de validación fue proporcionada por los técnicos de los molinos participantes del

⁴⁵ A. L. Pereira, D. Sc. Investigador Adjunto. Unidad de Semillas. INIA. apereira@inia.org

⁴⁶ A. Pimienta, Técnico Agropecuario. Asistente de Investigación. INIA. apimienta@inia.org

Cuadro 1. Área sembrada, número de empresas, productores y chacras participantes.

Validaciones 2021-2022			
5	42	94	4509
Empresas	Productores	Chacras	Ha sembradas

Consortio (Saman, Coopar, Arrozal 33, Dambó, Casarone y Adecoagro). Posteriormente se llevó a cabo el procesamiento de los datos recabados para su análisis.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los rendimientos promedios obtenidos por los nuevos cultivares en la zafra 2021-2022 para las tres zonas productivas del país son presentados en el cuadro 2. Se presentan también el número de chacras sembradas y el área total de siembra, así como el área efectiva de cosecha considerada para calcular el rendimiento promedio.

Existen diferencias importantes en el número de chacras y el área sembrada según

la zona del país, principalmente para los cultivares Clearfield. A continuación, se resumen los principales resultados de cada uno de estos cultivares que presentan, además de altos a muy altos rendimientos, resistencia a *Pyricularia*.

INIA CUAREIM (SLI09197)

INIA Cuareim es un cultivar de ciclo largo similar a INIA Merín aunque cuenta con mayor rendimiento, según resultados experimentales de 5 % a 10 % superior, y calidad molinera muy adecuada. Este fue sembrado en 14 chacras ocupando un área de 1314 ha. El área de cosecha que se tomó para calcular el rendimiento fueron 1006 ha ya que el resto del área de siembra fueron chacras

Cuadro 2. Rendimientos, áreas y número de chacras en las tres zonas productivas para los cultivares en validación.

Cultivar	Zona	Chacras	Area sembrada (ha)	Area cosecha (ha)	Rendimiento (kg/ha)
INIA Cuareim	Este	6	614	614	8750
	Norte	9	700	392	9900
	Total	14	1314	1006	9150
SLI09193	Este	9	324	324	9650
	Centro	5	212	170	9300
	Norte	10	462	246	9150
Total	24	998	740	9400	
CL 1294	Este	16	499	464	9050
	Centro	5	74	74	7400*
	Norte	3	109	44	8200
Total	21	682	582	8800	
CL 1202	Este	27	1174	1063	9550
	Centro	3	189	189	8100
	Norte	5	152	111	9950
Total	35	1515	1316	9400	

* Chacras con problemas.

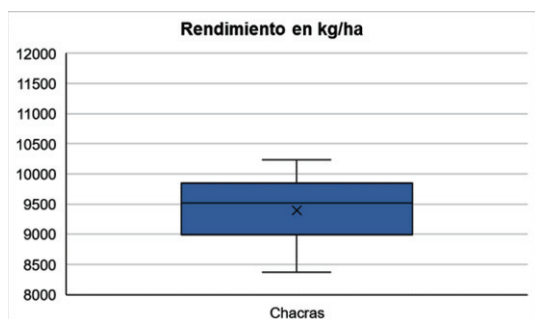


Figura 1. Rendimiento SSL promedio de las tres zonas productivas en kg/ha para el cultivar INIA Cuareim.

que tuvieron problemas importantes de riego y no fueron consideradas. El promedio de rendimiento del cultivar INIA Cuareim fue de 9150 kg/ha (figura 1). El rendimiento en el norte del país fue notoriamente superior que en el este con 9900 kg/ha frente a 8750 kg/ha, respectivamente. Lo mismo ocurrió en las validaciones del año anterior donde los resultados productivos en el norte fueron superiores que en el este mostrando ser un material mucho más adaptado para las condiciones de suelo y clima de esa zona del país.

SLI09193

El cultivar SLI09193 es un material de ciclo intermedio (7-10 días más precoz que Merín que tiene un ciclo de 158 días de emergencia a madurez) de alto rendimiento y de muy adecuada calidad molinera. Fue sembrado en 24 chacras (cuadro 2), aunque de éstas se restaron cuatro del norte y una del centro para el cálculo del promedio de rendimiento ya que presentaron problemas importantes de riego que incidían en el resultado productivo. El rendimiento promedio en las tres zonas productivas fue de 9400 kg/ha. Dentro de estos rendimientos se destacó la zona este con 9650 kg/ha. En la zona norte el rendimiento fue de 9150 kg/ha, sin embargo, si se descartan tres chacras que tuvieron un riego regular y siembras en noviembre la productividad de las chacras, sin estos problemas de manejo, asciende a 10 300 kg/ha, mostrando su buen comportamiento productivo también en esa zona.

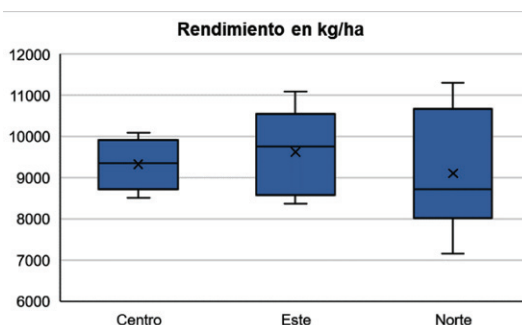


Figura 2. Rendimiento SSL en kg/ha del cultivar SLI09193 en las tres zonas productivas del país.

CL1294

El cultivar CL1294 es de ciclo intermedio similar a SLI09193 y de muy adecuada calidad molinera. De las chacras en validación se obtuvo un rendimiento promedio de 8800 kg/ha. Este valor fue afectado por el bajo rendimiento logrado en la zona centro, de 7400 kg/ha, a causa de chacras donde se presentaron problemas de toxicidad para las plantas y calidad de riego regular. El rendimiento de la zona norte, de 8200 kg/ha, está representado por apenas una chacra ya que dos de las sembradas fueron descartadas por problemas de riego. La zona este obtuvo un rendimiento superior con 9050 kg/ha. En el 60 % del área sembrada en Coopar el cultivar rindió 1000 kg más que INTA Gurí, ubicándose el rendimiento por encima de 6 %. El rendimiento en siembras tempranas capitalizó aún más las ventajas del cultivar frente a INTA Gurí con rendimientos 20 % superiores.

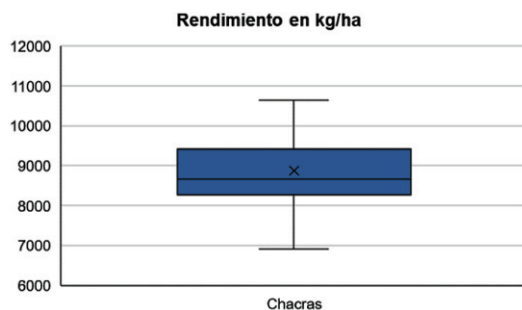


Figura 3. Rendimiento SSL promedio de las tres zonas productivas en kg/ha para el cultivar CL1294.

CL1202

El cultivar CL1202 es un material de ciclo largo, similar a INIA Merín, de alto rendimiento con una muy adecuada calidad molinera y destacado por su excelente cocción. En la zafra 2021-2022 presentó un rendimiento promedio de 9400 kg/ha. Se destaca el rendimiento logrado en la zona norte con 9950 kg/ha (restando áreas con problemas, entre otros, de riego), en tanto, en el este estuvo un poco por debajo con 9550 kg/ha. Algunas de las chacras que presentaron más bajos rendimientos en el este fueron sembradas a fines de octubre o en la primera quincena de noviembre lo que no favoreció el ciclo largo del material. De todas formas, la empresa Coopar presentó el más alto rendimiento de todas sus variedades con el cultivar CL1202 concretando 11 300 kg/ha.

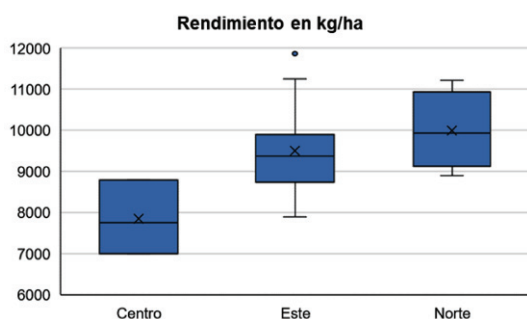


Figura 4. Rendimiento SSL en kg/ha del cultivar CL1202 en las tres zonas productivas del país.

CONCLUSIONES

Las validaciones en chacras comerciales son una importante herramienta para la ayuda en la toma de decisiones al momento de definir la liberación de líneas promisorias y nuevos cultivares. En la actual coyuntura no solo la concreción de buenos rendimientos es suficiente para que esto ocurra, si no un conjunto de características necesarias para que los materiales se adapten a los diferentes sistemas y cubran las necesidades productivas, de logística y nichos de mercado que necesitan los productores y la industria. Si bien los cultivares en validación presentaron resultados disímiles según la región del país, deben ser realizadas más pruebas, ya que el número de chacras es muy diferente según la zona y en algunos casos los manejos realizados no fueron los adecuados para expresar el potencial del cultivar. En términos generales, los cultivares INIA Cuareim y CL1202 lograron los mejores resultados en la zona norte del país y SLI09193 y CL1294 en la zona este, sugiriendo una adaptación diferencial de los cultivares para las distintas regiones. Resultado de las validaciones y las necesidades del sector arrocero, en el año 2021 fue liberado el cultivar INIA Cuareim y en el presente año se liberó SLI09193. Es necesario continuar recabando información de los dos cultivares Clearfield así como de nuevos ingresos de materiales CL a las validaciones comerciales.

15. + ARROZ + MARGEN. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA PARA REDUCIR BRECHAS DE RENDIMIENTOS Y MEJORAR INGRESOS DE LA PRODUCCIÓN ARROCERA. RESUMEN ZAFRA 2021-2022

M. E. Bica⁴⁷, L. Carmona⁴⁸, M. F. Fariña⁴⁹, A. Gussoni⁵⁰ y G. Zorrilla⁵¹

PALABRAS CLAVE: transferencia *productor a productor*, manejo integrado arroz, brechas.

INTRODUCCIÓN

En 2021 culminó el proyecto «Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimientos en el sector arrocero», que lideró la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), con la participación del INIA y de la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), con el asesoramiento del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR), con financiamiento del Programa de Bienes Públicos Sectoriales para la Competitividad de la Agencia Nacional para el Desarrollo (ANDE), y cuyos resultados fueron publicados en ediciones anteriores de esta Serie Técnica. La evaluación de los resultados de los dos años fue muy positiva y hubo acuerdo de las partes en la necesidad de darle continuidad a este esfuerzo de acercamiento a los productores con propuestas

integrales de manejo para alta productividad y mejores márgenes económicos. Para ello se logró reforzar la alianza sectorial y sumar actores privados que permitieron financiar íntegramente una nueva etapa, en la que se introduce un cambio de título que define el enfoque general: «+ Arroz + Margen». Al liderazgo de la ACA, en conjunto con el INIA y la GMA y el asesoramiento del FLAR, se sumaron un grupo de empresas ligadas al quehacer arrocero, que realizaron aportes como auspiciantes del proyecto: Banco República (BROU), Surco Seguros, Maccio Cultivar, MegaAgro, RiceTec, Timac Agro, Cibeles, Agrocentro, Tafirel, Promobacter, BASF, CAS, CALVASE, Orysativa, Trimble.

En este artículo se resumen los resultados nacionales de la zafra 2021-2022, lo que se complementa con otros dos artículos que detallan los resultados y aprendizajes obtenidos.

⁴⁷ M. E. Bica, Ing. Agr. Coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). mbica@aca.com.uy

⁴⁸ L. Carmona, Ph. D. Consultor de agronomía. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). l.carmona@cgiar.org

⁴⁹ M. F. Fariña, Ing. Agr. Técnica regional este del proyecto «Más arroz, más margen». mferfari@icloud.com

⁵⁰ A. Gussoni, Técnico regional centro-norte del proyecto «Más arroz, más margen». agussoni@hotmail.com

⁵¹ G. Zorrilla, M. Sc. Coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente. gzorr@yahoo.com

nidos en cada una de las regiones (norte, centro y este) en las que se distribuyeron las actividades.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta nueva etapa el proyecto mantuvo la misma conducción por parte de un Comité Técnico en donde estaban representadas todas las instituciones que lo integran. En dicho ámbito se sintetizaron un conjunto de prácticas de manejo del cultivo para la mejora del resultado físico y económico, surgidas de recomendaciones de la investigación nacional y del conocimiento disponible internacionalmente.

Esta propuesta fue implementada en áreas demostrativas en campos de productores referentes en todo el país. Para la zafra 2021-2022 se redujo de 15 a 10 los productores referentes. Las áreas demostrativas tuvieron una media de 35 ha y las áreas testigo de 43 ha. Los técnicos del proyecto dieron seguimiento a estas áreas durante toda la zafra, colaborando con el productor y levantando la información que se presenta a continuación. Esa red de productores referentes y áreas demostrativas es la plataforma para promover reuniones de productores en cada una de ellas y generar una comunicación horizontal *productor a productor*. Luego del impase provocado por la pandemia en los años pasados, en esta zafra se pudieron volver a realizar los días de campo y las reuniones presenciales necesarias para aprovechar al máximo el esfuerzo desplegado con el proyecto.

RESULTADOS

En este artículo se presentan los resultados consolidados de todo el país y su evolución respecto a años anteriores. El detalle por productor y por región se presenta en los artículos siguientes por parte de los técnicos regionales del proyecto. En el cuadro 1 se presentan los promedios generales de rendimientos. Se resalta que la validación de las propuestas técnicas se realiza en áreas comerciales relevantes, y totaliza 858 ha monitoreadas en 2021-2022. Por tercer año consecutivo y con distintas ofertas ambientales, las áreas demostrativas (*proyecto*) confirman que la tecnología disponible permite obtener más de 200 bolsas por ha. En las áreas *testigo* el rendimiento fue algo menor que en años pasados, lo que aumentó la brecha a más de 13 bolsas/ha en la última zafra. Para tres años y 2453 ha de áreas demostrativas y testigo monitoreadas por el proyecto, la media general fue de 205.9 bolsas/ha o 10 292 kg/ha. Estos rendimientos superiores a 10 t/ha asegurarían un buen resultado económico en la mayoría de los escenarios posibles. En cuanto a la media general de las chacras de los productores referentes (*productor*), se observa una baja del rendimiento respecto al año excepcional 2020-2021 pero manteniendo muy buenos indicadores. La brecha entre las áreas demostrativas y la media del productor -que era muy grande en el primer año- se redujo al mínimo en el año bueno y volvió a ampliarse en esta última zafra, que también contó con clima favorable.

En el cuadro 2 se resumen las diferencias de costos e ingresos entre el manejo aplicado en las áreas demostrativas y en las áreas

Cuadro 1. Áreas, rendimientos y brechas entre áreas demostrativas, testigos y productor.

Zafra	Área - ha Total	Rendimientos SSL bolsas/ha				
		Proyecto	Testigo	Brecha 1	Productor	Brecha 2
2019-2020	671	207.5	209.8	- 2.3	183.3	24.2
2020-2021	924	215.6	208.1	7.4	211.2	4.4
2021-2022	858	203.9	190.3	13.6	191.6	12.3
Promedios	2453	209.0	202.7	6.3	195.4	13.6

Brecha 1: diferencia entre el rendimiento de las áreas demostrativas y el de las áreas testigo.

Brecha 2: diferencia entre el rendimiento de las áreas demostrativas y el del área total del productor referente.

Cuadro 2. Diferencias de costos, ingresos y márgenes entre áreas demostrativas y testigos.

Resultados económicos - USD/ha			
Zafra	Diferencia costos proyecto – testigo	Diferencia ingresos proyecto – testigo	Diferencias margen neto proyecto – testigo
2019-2020	- 14.1	- 23.4	- 9.4
2020-2021	- 33.9	50.0	83.9
2021-2022	- 18.5	138.9	157.4
Promedio	- 22.2	54.1	76.3

testigo con el manejo del productor. Para este análisis los técnicos regionales registraron todos los manejos diferentes entre las dos áreas de cada productor y, en función de ellos, las diferencias de costos a favor de una u otra. La suma de esas diferencias es la que se expresa en el cuadro. Para los ingresos se utilizó el rendimiento de arroz sano, seco y limpio de cada área y el precio provisorio del acuerdo ACA-GMA al 30 de junio de cada año (USD 10.3/bolsa en 2020, USD 12.3/bolsa en 2021, USD 11.20/bolsa en 2022).

Los resultados mantienen la consistencia de años anteriores, lo que confirma que la propuesta tecnológica para altos rendimientos no cuesta más, sino unos pocos dólares menos que los manejos tradicionales del productor. En 2021-2022 la diferencia de rendimientos fue mayor a favor de las áreas demostrativas y, por lo tanto, los ingresos

fueron mayores, generando el margen neto favorable más alto de los tres años (USD 157.4/ha). El mensaje principal se sostiene por tercer año consecutivo: la propuesta de mejora de manejo que trae el proyecto -basada en ajuste de procesos- no implica aumentos de costos, asegura altos rendimientos y redundante en mejoras en el margen económico del productor.

Cabe señalar además que en la zafra 2021-2022 se volvieron a realizar las actividades presenciales de difusión, que son un componente fundamental del proyecto. El cuadro 3 resume el total de actividades realizadas durante la zafra.

A partir de la experiencia y los hallazgos del proyecto se caracterizaron diez puntos de manejo necesarios para obtener 10 t/ha de arroz.

Cuadro 3. Detalle de actividades de difusión realizadas durante la zafra 2021-2022.

Actividad	Fecha	Cantidad	Promedio participantes
Días de campo	diciembre 2021	10	43
	febrero 2022	10	49
Jornadas de resultados	junio 2022	7	33

10 puntos para 10 toneladas de arroz por ha

1. Laboreo anticipado y taipas previas.	Chacras prontas para la siembra al 15 de setiembre.
2. Siembras de calidad y en fecha óptima.	20 setiembre al 20 de octubre, semilla certificada, a 2.5 cm de profundidad, 100-130 kg/ha para una meta de 200 plantas instaladas/m ² .
3. Variedad de alto potencial y resistente a brusone.	Cuidar el balance de ciclos y las fechas de siembra entre las mismas.

4. Fertilización basal para altos rendimientos.	Criterios objetivos (análisis de suelos y <i>FertilizArr</i>), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.
5. Herbicidas preemergentes cerca de la emergencia y posemergentes antes de la inundación en V3.	Glifosato + domazone cerca del punto de aguja y posemergente según malezas, con plantas pequeñas y justo antes de inundación.
6. Urea de macollaje para altos rendimientos en V3 preinundación.	Criterios objetivos (análisis de suelos y <i>FertilizArr</i>), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.
7. Inundación temprana en V3-V4.	Inmediatamente después a herbicida pos Y urea de macollaje. Riego rápido. Considerar diferencias de tiempos entre emergencia y V3, según región y clima de la zafra.
8. Urea de primordio para altos rendimientos.	Criterios objetivos (análisis de suelos y <i>FertilizArr</i>), combinado con conocimiento y criterio agronómico del productor y su técnico.
9. Fungicida según recomendaciones por variedad.	No aplicar para brusone en variedades resistentes, monitorear para enfermedades del tallo en prefloración y evitar insecticidas preventivos.
10. Cosecha en momento apropiado de madurez según variedad.	Evitar retrasos prolongados, retiro de agua según recomendación por variedad, especialmente en aquellas susceptibles a deterioro de la calidad del grano.

CONCLUSIONES

Se reconfirma que existe tecnología en manos de los productores para producir más de 10 toneladas por ha sin incremento de costos, o sea, mejores resultados con los mismos recursos. El sistema de transferencia fue eficaz y se lograron excelentes convocatorias a los días de campo y de salón, donde se generaron muy buenas interacciones horizontales y la presencia de muchos productores que estaban poco conectados con este tipo de actividades. Lograr el impacto que significa el cambio en un número importante de productores es una meta de largo aliento que requiere un programa de mediano a largo plazo.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Zorrilla, G.; Cedrés, S.; Rovira, A.; Gussoni, A.; Sanguinetti, M.; Carmona L.** 2020. Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimientos en el sector arrocerero. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B.; Álvarez, O. (Eds.), Arroz 2020. Montevideo: INIA. p. 67-70. (Serie Técnica 257). DOI: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>
- Zorrilla, G.; Cedrés, S.; Rovira, A.; Gussoni, A.; Sanguinetti, M.; Bica, M.E.; Carmona, L.** 2022. Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimientos en el sector arrocerero: resumen y conclusiones. En: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.), Arroz 2021. Montevideo: INIA. p. 103-106. (Serie Técnica 262). DOI: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.262>

16. + ARROZ + MARGEN. RESULTADOS Y CONCLUSIONES DE LA ZAFRA 2021-2022. ZONA CENTRO Y NORTE

M. E. Bica⁵², L. Carmona⁵³, M. F. Fariña⁵⁴, A. Gussoni⁵⁵ y G. Zorrilla⁵⁶

PALABRAS CLAVE: evolución tecnológica, manejos integrados, transferencia *productor a productor*

INTRODUCCIÓN

La virtualidad fue un gran aliado que logró dar continuidad con la transferencia de los avances y resultados del proyecto «Más arroz, más margen» en gran parte de las zafra 2019-2020 y 2020-2021. En la zafra 2021-2022 la presencialidad permitió dar difusión y retomar nuevamente la transferencia de tecnología de *productor a productor*, lo que es un componente primordial del proyecto. El objetivo es mejorar el margen económico del productor al enfocarse netamente en donde se tiene injerencia, o sea: producción y costos. Lograr demostrar, nuevamente, que los manejos propuestos y validados definidos por un comité técnico del proyecto permiten obtener una mayor producción sin estar asociado a un aumento de los costos.⁵⁷

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zona centro y norte para la zafra 2021-2022 fueron seleccionados seis productores referentes, donde se dio segui-

to a las parcelas demostrativas del proyecto y testigo. El área sumada de estas parcelas representó el 15 % del total de hectáreas sembradas por estos productores (3800 ha). Esto evidencia la dimensión de validación comercial que implica el proyecto, demuestra la confianza de los productores referentes en las propuestas técnicas y exige un gran compromiso por parte del equipo técnico.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se dividen en dos grupos: uno referido a la validación de los manejos propuestos con mayor impacto para altos rendimientos y otro a los resultados económicos/productivos.

Validación de los manejos para altos rendimientos

Las propuestas de manejo planteadas por el proyecto reafirmaron la validación de los 10 puntos claves de manejo que aseguran altos rendimientos, *10 puntos para 10 toneladas por*

⁵² M. E. Bica, Ing. Agr. Coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). mbica@aca.com.uy

⁵³ L. Carmona, Ph. D. Consultor de agronomía. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). l.carmona@cgiar.org

⁵⁴ M. F. Fariña, Ing. Agr. Técnica regional este del proyecto «Más arroz, más margen». mferfari@icloud.com

⁵⁵ A. Gussoni, Técnico regional centro-norte del proyecto «Más arroz, más margen». agussoni@hotmail.com

⁵⁶ G. Zorrilla, M. Sc. Coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente. gzorr@yahoo.com

⁵⁷ Por más información sobre el proyecto, la forma de trabajo y las propuestas tecnológicas ver el artículo «+ ARROZ + MARGEN: Transferencia de tecnología para reducir brechas de rendimientos y mejorar ingresos de la producción arroceras. Resumen zafra 2021-2022», de Gonzalo Zorrilla.

ha. La evolución tecnológica (los manejos asimilados por el productor para su sistema de producción) en los productores que continuaron siendo referentes en el proyecto permitió, además de obtener buenos rendimientos, capitalizar en gran parte las condiciones del clima, o sea, el efecto año.

En cuanto a la adecuación del terreno, el laboreo de verano o anticipado -que asegura mayor probabilidad de lograr una fecha de siembra óptima (20/09 al 25/10)- fue del 70 % del área total de las parcelas y, además, determinó los mayores rendimientos en grano por hectárea. O sea, la producción fue menor cuando la preparación de la tierra fue muy próxima a la siembra. Relacionado con el punto anterior, el 100 % del área de los productores referentes se completó en el mes de octubre, y para lograrlo fueron claves el comienzo de la siembra a fines de setiembre y la contratación de sembradoras extras.

En lo que refiere a la densidad de siembra para lograr una población objetivo de aproximadamente 200 plantas/m², con una diferencia significativa de 20 kg de semilla/ha -menor en la parcela proyecto- se obtuvo ese valor (202 proyecto y 210 testigo pl/m²). A modo informativo, el proyecto ajustó al alza y el productor, en toda su área, ajustó a la baja con relación a los años anteriores del

proyecto. El posicionamiento del herbicida preemergente no arrojó diferencia en días a emergencia del cultivo (DAE) entre las parcelas proyecto y testigo, pero sí se logró una reducción de cuatro días en promedio en las parcelas testigo con relación a los años anteriores. La recomendación en cuanto a la fertilización basal fue, según criterios objetivos, a través de análisis de suelo, donde el programa Fertiliz-Arr de INIA, el criterio agronómico y la experiencia del productor y de su técnico determinaron los valores finales. La fertilización NPK en promedio fue similar entre las parcelas, pero en relación con la recomendación del programa Fertiliz-Arr se observan diferencias, se aplicaron menos unidades de N, el doble de unidades de P (la formulación del fertilizante condiciona en cierta medida dicha aplicación), condición que se repite año a año. Se observa una tendencia clara a que el productor va adoptando el criterio propuesto por el proyecto.

En cuanto a las unidades de N a macollaje existen diferencias. La variedad juega un papel fundamental pues en las parcelas testigo cuatro de seis eran susceptibles a brusone. Se observa una tendencia de aumento en la aplicación de N por parte del productor en este estadio fenológico, lo que se ajusta bastante a las recomendaciones del proyecto.

Cuadro 1. Resumen indicadores de manejo: área proyecto vs. área testigo.

Indicador	Proyecto	Testigo	Observaciones
Densidad de siembra kg/ha	125	145	
Plantas/m ² 202	210	SD**	
Preemergente – DAE*	5	5	SD
Unidades basales N kg/ha	3.9	4	Fertiliz-Arr: 10
Unidades basales P kg/ha	30.8	32.4	Fertiliz-Arr: 15
Unidades basales K kg/ha	40.7	42	Fertiliz-Arr: 50
Unidades N macollaje kg/ha	82	73	Fertiliz-Arr: 85
Unidades N primordio kg/ha	24	23	Fertiliz-Arr: 25
Inicio de riego – fenología	V4.5	V5.5	SD
Inundación completa (días)	9	10	SD
% área fungicida (tallos)	50	85	
% área fungicida (brusone)	15	66	Diferencia varietal
% área con insecticida	0	15	Chinche

* Días emergencia.

** Sin diferencias.

El riego en estados fenológicos tempranos, V3-4 (3 hojas-1^{er} macollo) y el llenado de la chacra lo más rápido posible fue similar entre parcelas, por lo que creemos que es uno de los manejos más asimilados por los productores. El promedio de inicio de riego fue en V4.5 en el área proyecto y V5.5 en el área testigo. Para ello, se tomaron medidas relacionadas con la adecuación de la chacra para comenzar el riego por separado, independientemente de si aún se seguía con la siembra y con la contratación de personal adicional para esta labor y de maquinaria si fuera necesario.

En cuanto a la aplicación de fungicida, hubo diferencias entre las parcelas proyecto y testigo, y la decisión de aplicarlo estuvo condicionada por la variedad en producción.

Para brusone se aplicó únicamente en las susceptibles, y para hongo de tallo la decisión estuvo determinada por un umbral de aplicación según presencia, por la susceptibilidad varietal, y por términos operativos (posible retraso de cosecha). Independientemente de las razones que determinaron una aplicación, esto marca una tendencia que amerita un análisis con más detenimiento. Un cultivo sembrado en fecha, con una población óptima, bien nutrido, con riego temprano y con una altura de lámina de agua adecuada, tendrá una probabilidad de incidencia de enfermedades del tallo más baja.

Resultados económicos/productivos

En el cuadro 2 se observan los rendimientos promedios obtenidos en las parcelas demostrativas y testigos, el rendimiento del productor, así como también las diferentes brechas existentes entre los rendimientos representados.

Como se puede observar, se lograron más de 200 bolsas sanas, secas y limpias en la parcela proyecto, lo que determina que existe tecnología disponible en Uruguay para alcanzar dicha producción. Además, la parcela testigo y rendimiento total del productor referente fue mayor que la producción promedio de Uruguay, que a su vez fue una de las más alta de la historia (zafra 2021-2022: 186 bolsas ssl/ha). La brecha de rendimiento entre las parcelas es de 17 bolsas, y de cero entre la parcela testigo y rendimiento productor.

Relacionado con el punto anterior, en el cuadro 3 se confirma que existe tecnología para obtener 10 toneladas, pues por tres años consecutivos y con distintas ofertas ambientales, la parcela proyecto las obtuvo. La diferencia entre los rendimientos testigo y productor fue disminuyendo e inferimos que tal disminución se debe, en gran parte, a la evolución tecnológica asimilada, que determinó un aumento del rendimiento. Las condiciones

Cuadro 2. Variedades, rendimientos y brechas entre áreas proyecto, testigos y productor.

PRODUCTOR	CONTRASTE VARIEDAD	PRO- YECTO	TES- TIGO	PRODUC- TOR	BRECHA 1	BRECHA 2	BRECHA 3
Pilmen S. A.	INIA Merín / INIA Olimar	232	197	205	35	27	13
G. O'Brien	SLI1293 / INIA Olimar	213	213	207	0	6	6
Paulo García	INIA Merín / INTA Guri cl	201	178	179	23	22	- 1
Daniel Sampallo	CL1202 / CL1202	165	165	177	- 1	- 13	- 12
Hnos. Colpo	INIA Merín/ CL1202	215	182	179	33	36	3
Graciela Pereira	INIA Merín/ INIA Merín	210	196	183	14	27	13
PROMEDIO		206	188	188	17	17	0

Rendimiento: bolsas sanas, secas y limpias por hectárea.

Brecha 1: diferencia rendimiento áreas demostrativas y áreas testigo.

Brecha 2: diferencia rendimiento áreas demostrativas y área total del productor referente.

Brecha 3: diferencia rendimiento áreas testigo y área total del productor referente.

Cuadro 3. Rendimientos proyecto, testigo y productor y brecha entre testigos y productor.

Zafra	Proyecto	Testigo	Productor	Dif. testigo-productor
2019-2020	203	183	163.5	20
2020-2021	213	204	203	1
2021-2022	209	191	180	4.7
Promedio	207	191	182	8.6

Datos de productores referentes participantes de los tres años del proyecto.

climáticas de las zafras 2020-2021 y 2021-2022 fueron muy buenas, pero hay que capitalizarlas.

En el cuadro 4 se presentan las diferencias de costos en USD/ha entre la parcela proyecto y testigo obtenidos al valorizar las diferencias de manejo. Además, se presentan las diferencias en los ingresos, para lo cual se utilizó el rendimiento sano, seco y limpio obtenido y el precio definitivo al 30 de junio (12.3 USD/ha zafra 2021-2022).

Como se puede observar, en promedio la diferencia de costos no fue significativa pero los ingresos sí, debido al mayor rendimiento obtenido en las parcelas proyecto. Por lo tanto, producir más no cuesta más dinero. Y, si se compara con las zafras anteriores en que se llevó adelante el proyecto, esta condición se mantiene.

La diferencia en costos fue levemente inferior en las áreas demostrativas en las tres zafras evaluadas, con un mayor rendimiento, determinando un mayor margen neto en USD/ha.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos este año confirman y mantienen con firmeza los resultados de las zafras anteriores, donde queda claro que producir más no cuesta más y que, con los mismos recursos, se pueden obtener mejores resultados. La clave es intentar desarrollar una agricultura basada en agronomía, una agricultura de procesos con manejos integrados, y tratar de hacer lo mejor en tiempo y forma en cada etapa del cultivo, con buena gestión, planificación y ejecución de las labores.

Cuadro 4. Diferencia costos, ingresos y margen neto en USD/ha.

Productor	Dif. Costos (USD/ha)	Dif. Ingresos (USD/ha)	Margen Neto (USD/ha)
Hnos. Colpo	65	408	343
Graciela Pereira	19	175	155
Paulo García	- 20.4	282	302
Daniel Sampallo	-1	- 11	- 10
Guillermo O'Brien	- 48	5	53
Pilmen S.A.	23	430	406
Promedio	6.5	215	208

Cuadro 5. Diferencia de costos, ingresos y margen neto en USD/ha (3 zafras del proyecto).

Zafra	Dif. Costos (USD/ha)	Dif. Ingresos (USD/ha)*	Margen Neto (USD/ha)
2019-2020	- 13	90	103
2020-2021	- 15	79	94
2021-2022	6.5	243	260
Promedio	- 7	137	144

* Precio provisorio del acuerdo ACA-GMA al 30 de junio de cada año (USD 10.3/bolsa en 2020, USD 12.3/bolsa en 2021, USD 11.20/bolsa en 2022).

17. + ARROZ + MARGEN. RESUMEN DE RESULTADOS ZONA ESTE ZAFRA 2021-2022

M. E. Bica⁵⁸, L. Carmona⁵⁹, M. F. Fariña⁶⁰, A. Gussoni⁶¹ y G. Zorrilla⁶²

PALABRAS CLAVE: transferencia *productor a productor*, manejo integrado arroz, brechas.

INTRODUCCIÓN

Luego de dos zafras donde el proyecto «Más arroz, más margen» se llevó adelante prácticamente sin presencialidad (2019-2020 y 2020-2021), se logró darle continuidad en un tercer año en el que se pudieron realizar las instancias de campo con éxito. Los resultados muestran la consolidación de los puntos de manejo definidos por el comité técnico del proyecto y se logra demostrar, una vez más, el manejo para altas productividades sin necesidad de mayor cantidad de insumos.

En la zona este se trabajó con cuatro referentes distribuidos entre Rocha y Treinta y Tres, que representaban diversidad en cuanto a sistemas de producción y ambientes, a los que se les suma la variabilidad que trae cada productor en términos de situación contractual, maquinaria, rotaciones, entre otros. El hecho de contar con sistemas distribuidos en todo el país permite llegar con el mensaje de forma más rápida y dirigida y capitalizar las instancias de campo con éxito, punto clave dentro de la transferencia *productor a productor*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta zafra 2021-2022 se instalaron cinco parcelas demostrativas con sus respectivas áreas testigos. La superficie vinculada al proyecto fue en total 377 ha, las que representan el 20 % del área total sembrada por los productores referentes.

Las parcelas demostrativas abarcaron de 14 a 44 ha con un promedio de 24 ha y las áreas testigo de 38 a 54 ha, con un promedio de 45 ha.

Los lineamientos propuestos se basaron en los *10 puntos clave para obtener 10 toneladas de arroz por ha*, que implica prácticas de manejo bien ajustadas a los tiempos del cultivo y que no requieren un mayor uso de insumos, sino un manejo adecuado en cada etapa y el ajuste *fino* dentro de una chacra.

RESULTADOS

Las parcelas se sembraron todas en octubre, en su mayoría eran preparaciones de verano y el antecesor predominante fue pastura sembrada, excepto un retorno corto que había tenido arroz dos zafras antes.

En el cuadro 1 se resumen las diferencias en promedio entre los manejos de las áreas demostrativas y testigos. Estos indicadores muestran, en rasgos generales, que no

⁵⁸ M. E. Bica, Ing. Agr. Coordinadora general del proyecto «Más arroz, más margen», gerenta Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA). mbica@aca.com.uy

⁵⁹ L. Carmona, Ph. D. Consultor de agronomía. Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). l.carmona@cgiar.org

⁶⁰ M. F. Fariña, Ing. Agr. Técnica regional este del proyecto «Más arroz, más margen». mferfari@icloud.com

⁶¹ A. Gussoni, Técnico regional centro-norte del proyecto «Más arroz, más margen». agussoni@hotmail.com

⁶² G. Zorrilla, M. Sc. Coordinador técnico del proyecto «Más arroz, más margen», consultor independiente. gzorr@yahoo.com INIA

Cuadro 1. Resumen de indicadores de manejo de las áreas demostrativas vs. testigo.

Indicador 2021-2022	Áreas demostrativas 2021-2022	Áreas testigo
Densidad de siembra kg/ha	125	138
Plantas/m ² 164	198	
Unidades basales N kg/ha	3	6
Unidades basales P kg/ha	14	35
Unidades basales K kg/ha	15	37
Unidades N macollaje kg/ha	75	69
Unidades N primordio kg/ha	27	24
Inicio de riego – fenología	V3-V4	V3-V4
Inicio de riego – DDE	16	18
% Área con fungicida	37	45
% Área con insecticida	0	0

hay diferencias sustanciales entre ambas situaciones pero hay pequeños ajustes (menos fertilización basal, menos semilla) que sumados redundan en menores costos por hectárea y un manejo más eficiente de los recursos.

La densidad de semilla utilizada fue menor en las áreas demostrativas porque se prioriza la condición al momento de la siembra buscando una población de plantas óptima. Sin embargo, las poblaciones en las áreas demostrativas quedaron este año por debajo de la meta de 200 pl/m².

Es importante resaltar la herramienta FertilizArr de INIA, ya que esta plataforma web permite ajustar la fertilización para cada sistema particular tomando varias consideraciones del sistema, además del análisis de suelo. Al analizar el cuadro 1 concluimos que se fertilizó con menos de la mitad de las

unidades de P, K y N basal con respecto a la parcela testigo. Esta tendencia no sucede con el N al macollaje, que se mantiene o aumenta en las parcelas proyecto.

El cuadro 2 muestra que existe tecnología disponible para obtener altos rendimientos (más de 10 t) y que, si bien la brecha es chica (300 kg/ha, o sea 3 % más de producción), el ajuste para lograr este aumento requiere del cuidado de cada etapa y su consecuencia sobre la siguiente etapa, porque eso repercute en el resultado.

El resultado económico expresa únicamente las diferencias de costos que hubo entre el área demostrativa y testigo según los manejos aplicados en cada caso y las diferencias de ingresos como resultado del rendimiento y del valor de la bolsa de arroz al 30 de junio de 2022. No es un análisis económico completo, sino una valoración de

Cuadro 2. Resumen de resultados productivos y económicos. Brecha entre áreas demostrativas y testigos.

Productor	Contraste varietal	Rendimiento SSL kg/ha			Resultado económico USD/ha		
		Área demo.	Área testigo	Brecha	Dif. costos demo.-test.	Dif. ingresos dlemono.-test.	Margen neto
E. Ensslin	1202CL – Guricl	9294	7780	1514	8.6	339.0	330.4
E. Ensslin	SLI 9197 – SL I9197	9100	9050	50	- 78.6	11.2	89.8
J. Varalla	Merín - Merín	10 091	10 102	- 11	- 64.2	- 2.5	61.7
N. Santos	Merín - Merín	10 261	10 470	- 209	- 55.2	- 46.7	8.5
J. Montero	Merín - Merín	11 646	11 396	250	- 53.3	56.0	109.3
Promedio		10 078	9 760	319	- 49	71	120

lo que fue distinto en cada área. En el cuadro 2 se observa una disminución en los costos a favor de las parcelas del proyecto, que está dada principalmente por el menor uso de fertilizantes. La disminución de los costos sumado a un incremento en la producción y, por lo tanto, de los ingresos, mejoran el margen neto de las parcelas del proyecto.

CONCLUSIONES

El laboreo anticipado como forma de preparación de la tierra ha sido y es una herramienta de alto impacto que repercute en la optimización de la fecha de siembra. Los productores referentes en esta zafra tenían estas condiciones de preparación anticipada, lo que permitió que prácticamente toda la superficie vinculada al proyecto se sembrara en fecha óptima.

Esto se ha logrado porque se viene trabajando en forma conjunta con los propietarios de los campos (que en su mayoría no son productores arroceros, sino ganaderos) pero aún queda un largo camino por transitar en donde más productores puedan acceder a la tierra en el verano anterior, y que el productor ganadero también obtenga sus beneficios y sea capaz de capitalizar y aprovechar oportunidades como la siembra de un verdeo sobre la preparación de verano o la entrega de un rastrojo más temprano por siembras más tempranas de la pastura posterior.

Se utilizó la variedad INIA Merín en tres de las cinco parcelas ya que en la actualidad es la más sembrada a nivel país. Queda demostrado su alto potencial, su excelente sanidad y calidad molinera, y cumple de esta forma con las expectativas.

Las poblaciones de plantas obtenidas estuvieron por debajo del óptimo en las parcelas demostrativas (164 plantas/m²) por lo que, a pesar de que no tuvieron un efecto negativo relevante, es un punto a trabajar. Puede ser por ajuste en la cama de siembra, en la calidad de la siembra o en la necesidad de aumentar la densidad en casos en que se entienda que hay dificultades para la implantación.

Las fertilizaciones fueron ajustadas en base a la propuesta que brinda FertilizArr a partir del análisis de suelo y según el criterio de los técnicos involucrados en cada chacra y las posibilidades de cumplir con la recomendación en función de las formulaciones de fertilizantes de que disponían los productores. En conjunto se disminuyó la cantidad de fertilizante utilizado y esto impactó en el costo final.

Los herbicidas pre y posemergencia temprana son necesarios para evitar reaplicaciones más costosas durante el cultivo y en etapas más avanzadas. El riego temprano y posterior a la urea de macollaje evidencian un aprovechamiento del nitrógeno muy alto, que repercute en los altos rindes finales.

El uso de fungicidas e insecticidas como parte de un manejo integrado y en base a monitoreo reduce su aplicación a situaciones que la justifiquen y no como preventivos.

Queda demostrado que el manejo integrado de los diez puntos clave definidos en el proyecto redundó en altas productividades, con un costo similar o menor al de una chacra convencional y con uso eficiente de los recursos disponibles en el país.

18. DESARROLLO DE ENFERMEDADES DE TALLO Y VAINA DE ARROZ EN ROTACIONES CON SOJA

S. Martínez⁶³, F. Escalante⁶⁴

PALABRAS CLAVE: INIA Merín, Manchado de vainas, Podredumbre de tallo

1. INTRODUCCIÓN

En trabajos anteriores sobre la dinámica y el desarrollo de las enfermedades de tallo y vaina del cultivo de arroz en rotaciones con diferente intensidad productiva se hizo énfasis sobre el porcentaje de tiempo ocupado con arroz o de pasturas en la rotación (Martínez y Escalante, 2021). Sin embargo, existen otras posibilidades productivas mediante la incorporación de otros cultivos en la rotación, como sorgo y soja, que pueden ser de interés comercial en los sistemas productivos. Actualmente, el cultivo de soja ocupa un porcentaje importante de tiempo en rotación con arroz en diversos sistemas tanto del Norte como el este del país. En este sentido, en las últimas zafras el área de arroz en rotación luego de soja representa aproximadamente el 10% del área total. La incorporación de nuevos cultivos en rotación, como la soja, plantea algunos desafíos productivos en términos de dinámica de nutrientes y de malezas y plagas, entre otros. Así, conocer cómo interactúan y pueden afectar el rendimiento final es de interés para realizar recomendaciones de manejo eficientes y de bajo impacto.

El objetivo del presente trabajo busca aportar información en ese sentido sobre la dinámica de las enfermedades de tallo y vaina del arroz en sistemas arroceros en rotación con soja en una o más zafras e incluso incorporando sorgo. Para ello, se analizaron

el desarrollo de las enfermedades y el rendimiento resultantes de las últimas tres zafras de los sistemas arroceros en rotación con soja en el Experimento de Largo Plazo de Paso de la Laguna.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el trabajo presente se analizaron datos de incidencia y severidad de las últimas tres zafras del Experimento de Largo plazo de la Unidad Experimental de Paso de la Laguna. En los tres años analizados el cultivar utilizado fue INIA Merín. Las rotaciones comparadas fueron: a) arroz y pastura larga, luego de tres años de pastura (APast), b) arroz y cultivos (ACult) luego de soja, c) arroz, cultivos y pasturas (ACP), luego de dos años de soja, d) arroz y soja (AS). Todas las rotaciones fueron manejadas sin uso de fungicidas para favorecer el desarrollo de las enfermedades. Los muestreos para enfermedades fueron al azar (100-120 tallos por parcela), previo a cosecha y en cada parcela de arroz (n=12). Se evaluó incidencia (número de tallos) y severidad (escala 0-9) de podredumbre de tallo y mancha de tallo y vaina. Estos valores fueron utilizados para calcular niveles de incidencia (%), porcentaje de tallos muertos e índice de severidad. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el procedimiento GLIMMIX en SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC). Para más datos sobre los sistemas de rotación y sobre manejo de

⁶³ Sebastián Martínez, Dr., Laboratorio de Patología Vegetal, INIA Treinta y Tres. smartinez@inia.org.uy

⁶⁴ Fernando Escalante, Téc. Agr., Asistente de Investigación Senior, INIA Treinta y Tres. fescalante@inia.org.uy

enfermedades consultar trabajos previos (Martínez y Escalante, 2018, 2021).

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Desarrollo de enfermedades según zafra

Para las tres zafras analizadas se encontraron valores altos de incidencia, y valores medios de severidad para podredumbre de tallo. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre años para incidencia ($P=0,543$) y severidad ($P=0,086$) para esta enfermedad. Ambos resultados son parcialmente coincidentes con reportes previos para el experimento (Martínez y Escalante, 2018). La incidencia de podredumbre de tallo se incrementó hasta alcanzar valores altos y estables, y la severidad varía en porcentajes medios. Esto coincide con una acumulación de inóculo al pasar los años que provoca una incidencia alta en todas las rotaciones y una severidad que depende de los factores ambientales o manejo de la rotación. El porcentaje de tallos gravemente afectados por podredumbre de tallo, los que más afectan el rendimiento, fue diferente entre años ($P=0,029$). Los valores de manchado de vainas fueron bajos para los tres años analizados. No se observaron diferencias entre años

para la evaluación de manchado de vainas, incidencia o severidad. El rendimiento fue diferente entre las tres zafras ($P<0,0001$) analizadas.

Desarrollo de enfermedades en diferentes rotaciones

La incidencia de podredumbre de tallo fue alta para todas las zafras analizadas y en todas las rotaciones con soja. Se encontraron diferencias estadísticas para los tres años con el testigo arroz y pasturas (Figura 1). Estos valores menores de incidencia de podredumbre de tallo en la rotación arroz pastura ya han sido reportados previamente comparando sistemas con diferente número de años con pasturas (Martínez y Escalante, 2021). Estas diferencias estarían influenciadas por el número de años de rotación sin cultivo de arroz, unos o dos años en las rotaciones con soja y tres años de pastura en APast. Según estos resultados, tres años sin cultivar arroz marcan una diferencia en la disminución de la incidencia de esta enfermedad. Esto se debe principalmente a que el inóculo de este patógeno (esclerocios) poseen una vida media de 1,9 años (Bockus y Webster, 1979).

Para el caso de severidad, se observaron valores medios en las cuatro rotaciones estudiadas (Figura 2). Esto a pesar de la incidencia inicial alta, lo que podría indicar un efecto

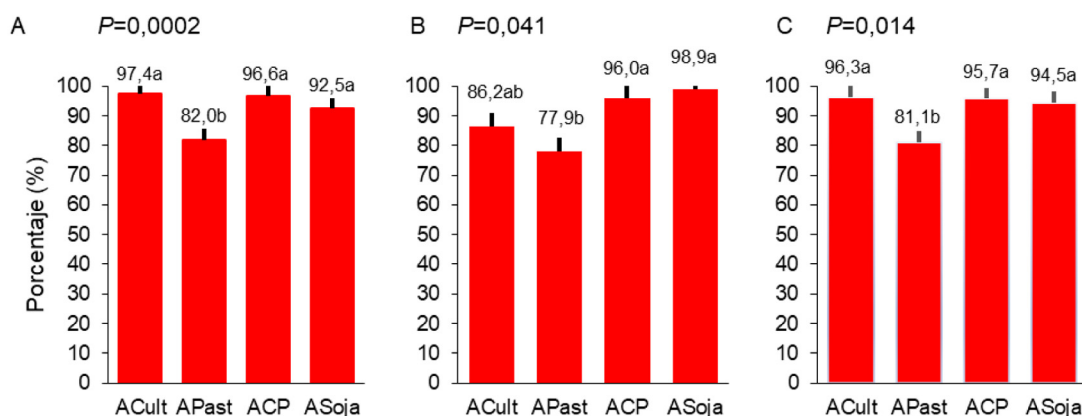


Figura 1. Incidencia de podredumbre de tallo para las cuatro rotaciones estudiadas durante las zafras (A) 2019-2020, (B) 2020-2021, y (C) 2021-2022. Letras diferentes indican diferencias a P valor mostrado. Rotaciones: ACult= arroz y cultivos, APast= arroz y pastura, ACP= arroz, cultivos y pasturas, y ASoja= arroz y soja.

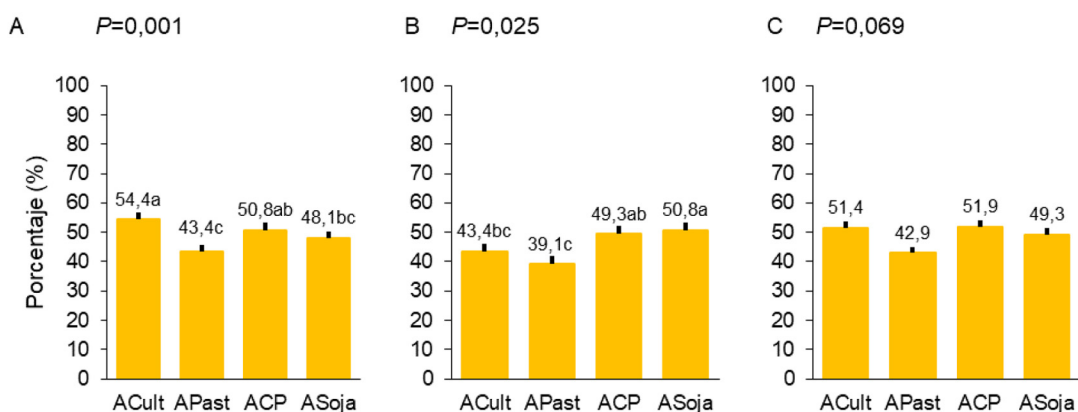


Figura 2. Severidad de podredumbre de tallo para las cuatro rotaciones estudiadas durante las zafras (A) 2019-2020, (B) 2020-2021, y (C) 2021-2022. Letras diferentes indican diferencias a P valor mostrado. Rotaciones: ACult= arroz y cultivos, APast= arroz y pastura, ACP= arroz, cultivos y pasturas, y ASoja= arroz y soja.

del manejo (fertilización, cultivar) o clima en el bajo desarrollo posterior de esta enfermedad. Se encontraron diferencias entre APast y las rotaciones con soja, al igual que para incidencia, en dos de los tres años estudiados, pero con tendencia similar (Figura 2).

En los tres años analizados se obtuvieron rendimientos altos de los sistemas evaluados con diferencias entre los años. Sin embargo, no se encontraron diferencias en rendimiento para los sistemas comparados (Figura 3).

3. CONCLUSIONES

La podredumbre del tallo es la principal enfermedad observada en rotaciones de

arroz con soja, independientemente de los años de soja en la rotación.

La incidencia es mayor en estas rotaciones, con hasta dos años de soja, que en un sistema arroz y pastura, debido a una mayor sobrevivencia del inóculo en el suelo. Luego se observan mayores valores de severidad, pero sin ser limitantes para el cultivo. Esto último, se debe probablemente a las condiciones de manejo, como fertilización y cultivar utilizado.

La incorporación de sorgo en el sistema ACult, en que se rota arroz con soja y sorgo, no difiere en el desarrollo de enfermedades de tallo y vaina de aquellos con solo soja en rotación.

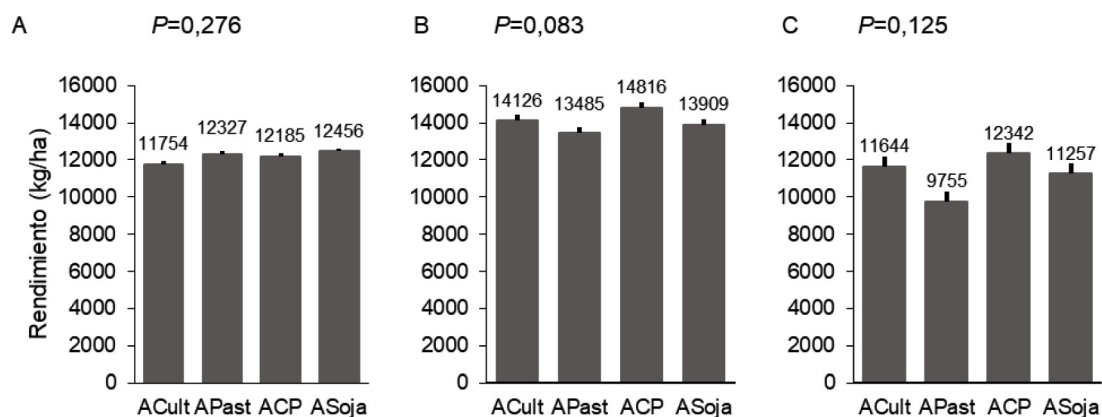


Figura 3. Rendimiento (kg/ha) para las cuatro rotaciones estudiadas durante las zafras (A) 2019-2020, (B) 2020-2021, y (C) 2021-2022. Rotaciones: ACult= arroz y cultivos, APast= arroz y pastura, ACP= arroz, cultivos y pasturas, y ASoja= arroz y soja.

Los rendimientos fueron similares estadísticamente, pero con un mayor rendimiento acumulado en los sistemas con soja. Otros factores, distintos a las enfermedades, están impactando en el rendimiento alcanzado.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Bockus, W. W.; Webster, R. K.** 1979. Decline in numbers and inoculum potential of *Sclerotium oryzae* in field soil. *Phytopathology* 69: 389-392. Doi: <https://doi.org/10.1094/Phyto-69-389>
- Martínez, S.; Escalante, F.** 2018. Las enfermedades de tallo y vaina en un ciclo completo del sistema de rotaciones arroceras. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2018. Montevideo (UY): INIA, 2018. p. 75-77. (INIA Serie Técnica; 246).
- Martínez, S.; Escalante, F.** 2021. Impacto de la historia de cultivo en las enfermedades de tallo en INIA Merín. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H.; Mesones, B. (Eds.) Arroz 2021. Montevideo (UY): INIA, 2022. p. 49-52. (INIA Serie Técnica; 262). Doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.262>

INIA Dirección Nacional

Avenida Italia 6201,
Ed. Los Guayabos,
Parque Tecnológico LATU.
Montevideo
Tel.: 2605 6021
inia@inia.org.uy

INIA La Estanzuela

Ruta 50, Km 11
Colonia
Tel.: 598 4574 8000
Fax: 598 4574 8012
iniale@le.inia.org.uy

INIA Las Brujas

Ruta 48, Km 10
Canelones
Tel.: 598 2367 7641
Fax: 598 2367 7609
inia_lb@lb.inia.org.uy

INIA Salto Grande

Camino al Terrible
Salto
Tel.: 598 4733 5156
Fax: 598 4732 9624
inia_sg@sg.inia.org.uy

INIA Tacuarembó

Ruta 5, Km 386
Tacuarembó
Tel.: 598 4632 2407
Fax: 598 4632 3969
iniatbo@tb.inia.org.uy

INIA Treinta y Tres

Ruta 8, Km 281
Treinta y Tres
Tel.: 598 4452 2023
Fax: 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.org.uy