



ARROZ 2020



Noviembre, 2020

SERIE
TÉCNICA **257**
INIA



Arroz 2020

Editores: José Terra *
Sebastián Martínez **
Horacio Saravia ***
Belky Mesones ****
Olga Álvarez *****

* Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

** Ing. Agr. Dr. INIA, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

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

**** Lic. Bibliotecología, Biblioteca INIA Treinta y Tres

***** Sec. INIA Treinta y Tres

Título: Arroz 2020

Editores: José Terra
Sebastián Martínez
Horacio Saravia
Belky Mesones
Olga Álvarez

Serie Técnica N° 257

© 2020, INIA

doi: <http://doi.org/10.35676/INIA/ST.257>

e-ISBN: 978-9974-38-448-4

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.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr. José Bonica - Presidente

Ing. Agr. Walter Baethgen - Vicepresidente



Ministerio
**de Ganadería,
Agricultura y Pesca**

Ing. Agr. Rafael Secco

Ing. Agr. Martín Gortari



Ing. Agr. Alberto Bozzo

Ing. Agr. Alejandro Henry



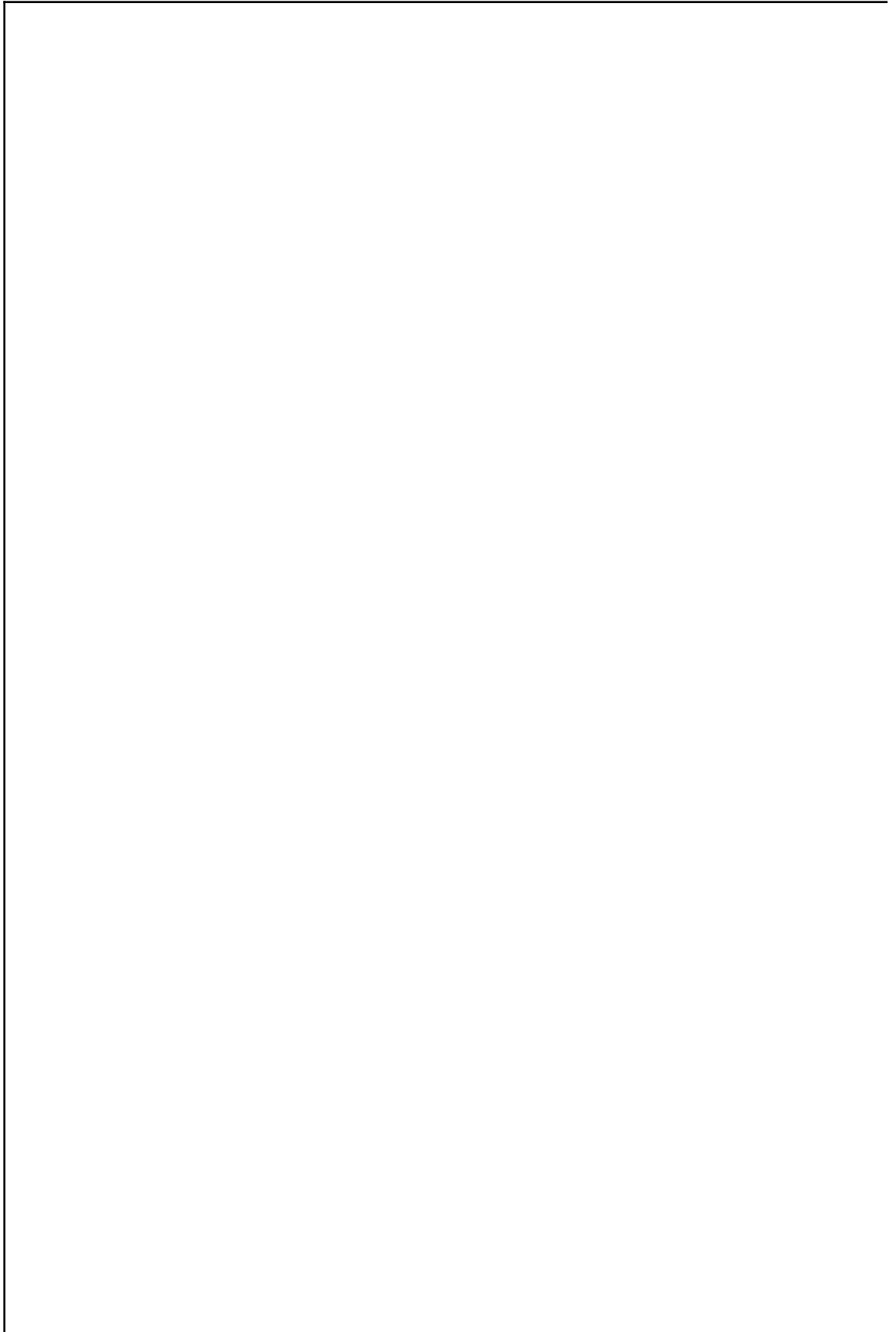
CONTENIDO

Página

MAPEO ASOCIATIVO DE ARSÉNICO EN GRANO DE ARROZ EN GERMOPLASMA AVANZADO DE INIA.....	1
CONSOLIDACIÓN DE LOS DATOS HISTÓRICOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ EN UNA BASE DE DATOS.....	5
PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO EN CHACRAS: ¿QUÉ ES IMPORTANTE?	9
INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS ZAFRA ARROCERA 2019-2020	13
EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES <i>JAPÓNICA</i> TROPICALES	19
INIA MERÍN: ¿CUÁNDO SEMBRAR PARA MAXIMIZAR SU POTENCIAL?	23
NUEVO CULTIVAR PROMISORIO: SLI09197. ALTA PRODUCTIVIDAD Y RESISTENCIA A <i>PYRICULARIA</i>	27
INTERACCIÓN G*E: CALIDAD MOLINERA EN VARIEDADES COMERCIALES	31
INTERACCIÓN G*E: PERFIL AMILOGRÁFICO EN VARIEDADES COMERCIALES	35
INTERACCIÓN G*E: EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i> EN LOCALIDADES	39
EFFECTO DEL MOMENTO Y TIPO DE FUNGICIDA EN CONTROL DE ENFERMEDADES Y CALIDAD DE GRANO EN INIA MERÍN.....	43
CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES EN INIA MERÍN, RESPUESTA EN RENDIMIENTO Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE GRANO	47

COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS PREEMERGENTES EN ARROZ: CLOMAZONE Y PENDIMETALINA EN INIA MERÍN	51
PERTINENCIA DE LA MEZCLA DE HERBICIDAS COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL EN POSTEMERGENCIA EN INIA MERÍN	55
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN INIA MERÍN.....	59
PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DE USO DEL N DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE DIFERENTES ANTECESORES INVERNALES Y DOSIS DE N.	
RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN N, EUN, ANTECESORES INVERNALES	64
FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO	
INTRODUCCIÓN Y RESUMEN RESULTADOS ZAFRA 2019-2020.....	67
FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO.	
RESUMEN RESULTADOS ZONA ESTE, ZAFRA 2019-2020	71
FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO.	
RESUMEN RESULTADOS ZONA CENTRO (RIVERA, TACUAREMBÓ, CERRO LARGO), ZAFRA 2019-2020	74
FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO	
RESUMEN RESULTADOS ZONA NORTE, ZAFRA 2019-2020.....	78
INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE MEDIANTE ROTACIONES ARROZ- SOJA-PASTURAS/GANADERÍA REGADAS POR ASPERSIÓN EN LOMADAS DEL ESTE DE URUGUAY.	
RESULTADOS ZAFRA 2019-2020	81

GEONIVELACIÓN CON PENDIENTE VARIABLE: LA LLAVE PARA INCLUIR PASTURAS Y OTROS CULTIVOS EN EL SISTEMA.....	85
EFFECTO DEL MANEJO DEL RIEGO Y MOMENTO DE COSECHA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVAR INIA MERÍN	89
EFFECTOS DEL MANEJO DEL RIEGO Y VARIEDADES EN LOS NIVELES DE ARSÉNICO ACUMULADO EN ARROZ.....	93
¿ES POSIBLE SEGUIR AUMENTANDO LA PRODUCTIVIDAD EN EQUILIBRIO CON EL AMBIENTE?	97
ANÁLISIS ECONÓMICO DE ROTACIONES ARROCERAS CONTRASTANTES	100
LA INTENSIFICACIÓN DEL AGROECOSISTEMA ARROZ-PASTURA AFECTA LA EFICIENCIA DE USO DE LA ENERGÍA	105
PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL N EN EL CULTIVO DE ARROZ EN ROTACIONES DE INTENSIDAD VARIABLE	109
RED TECNOLÓGICA DE ARROZ: GRUPOS DE CALIDAD DEL ARROZ URUGUAYO	113
PAUTAS Y CRITERIOS PARA EL MANEJO INDUSTRIAL DE NUMEROSAS VARIEDADES: ASPECTOS DE CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL.....	117
ASOCIACIÓN ENTRE LAS FASES DE “EL NIÑO” Y LA PRODUCCIÓN ARROCERA DEL URUGUAY: RESUMEN ACTUALIZACIÓN SERIE TÉCNICA 148 INIA (2005).....	121
POTENCIALIDAD DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO EN LOS SISTEMAS DE ROTACIÓN ARROZ-PASTURAS	125



PRÓLOGO

Es un gusto hacer disponible una nueva publicación técnica de INIA sobre el cultivo de arroz en el año del 50 aniversario de la Estación Experimental del Este, en la que se inició formalmente la investigación sobre el cultivo en Uruguay. En 2020 las actividades de difusión de resultados del Programa Arroz y la publicación asociada se hicieron en el marco de una gran crisis sanitaria y socioeconómica global provocada por la pandemia de COVID-19.

La jornada anual de arroz se ha consolidado como una de las actividades “Destacadas” de INIA con la participación de investigadores, técnicos sectoriales y productores en distintos paneles temáticos que han enriquecido los contenidos y las discusiones. La Serie Técnica que publicamos zafra a zafra acompañando las actividades de divulgación del programa durante agosto, reporta aquellos resultados de investigación más consolidados, buscando garantizar la calidad de edición y contenidos para consulta y referencia de productores, técnicos asesores y estudiantes.

Sin embargo, la emergencia sanitaria desde marzo de 2020 nos obligó a organizar las jornadas de manera diferente, segmentando los paneles en varios seminarios, que, con el apoyo comprometido de la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología, se transmitieron a través de internet (webinarios) aprovechando las enormes capacidades y potencial que existe con esas tecnologías de la comunicación.

Esta Serie Técnica No. 257 refleja los contenidos de la mayor parte de las presentaciones brindadas en los 5 webinarios del ciclo “Arroz: genética, manejo y diseño del sistema de producción para su sostenibilidad” realizado en agosto. En el 1er webinar se repasaron los aspectos claves del manejo agronómico del cultivar INIA Merín, en el 2do se analizó la calidad y la genética como herramientas de competitividad de nuestro arroz en los mercados internacionales, en el 3ero se consideró la sostenibilidad productiva, económica y ambiental de los sistemas de producción; en el 4to se discutieron resultados preliminares del uso de geotecnologías para la nivelación, riego y drenaje en sistemas arroz-soja-pasturas, y finalmente en el 5to se examinó la relación entre el fenómeno climático La Niña-El Niño y la producción de arroz. Esta instancia es propicia para reconocer las contribuciones de los equipos de investigación del programa y de la UCTT, así como los invitados externos, que junto al personal de apoyo de las estaciones hizo disponible este material de consulta como lo hacemos cada año.

La 2019-2020 fue una zafra “bisagra” a la que se llegó con la menor área de arroz sembrada en décadas y serias dificultades económicas acumuladas por el sector durante varios años. Si bien las precipitaciones récord durante octubre retrasaron las siembras de la mitad del área respecto a su época ideal, las excelentes condiciones de radiación y temperatura ocurridas desde mediados de diciembre hasta fines de febrero compensaron los problemas iniciales y permitieron un buen desarrollo general del cultivo y un rendimiento medio satisfactorio que fue el tercero en términos históricos (8500 kg/ha). Recientes mejoras en la demanda y el precio internacional del grano de arroz, así como ajustes en el valor del dólar, permiten avizorar mejores perspectivas para el sector al menos en el corto plazo.

En este marco complejo y desafiante, desde el programa de investigación de arroz buscamos contribuir con conocimientos y tecnologías para la mejora de la productividad, la calidad y la sostenibilidad del cultivo. Importa resaltar durante 2019-2020 la publicación de algunos artículos científicos sobre resistencia a herbicidas, inocuidad del grano (arsénico - As), bio-

tecnología aplicada, biodiversidad, eficiencia del uso de recursos y sostenibilidad de nuestros sistemas que contribuyen al esfuerzo estratégico sectorial de diferenciar internacionalmente nuestro arroz y su sistema de producción. Por otro lado, durante la zafra 2019-2020 el equipo de investigadores realizó un importante esfuerzo de difusión y transferencia de tecnología articulando con la ACA, los departamentos técnicos de los molinos, técnicos asesores y otros actores, mediante giras, reuniones, talleres y jornadas en todas las regiones. Cabe resaltar el compromiso del equipo con el comité técnico y las actividades del proyecto de transferencia de tecnología para reducción de brechas de rendimiento entre productores de arroz que lidera la ACA y financia ANDE con participación del INIA, la GMA y el FLAR, cuyos avances de resultados son incluidos en esta publicación.

En tiempos de amenazas, pero también de desafíos y oportunidades para el sector arrocero y para el país, agradecemos especialmente a sus actores clave, los productores representados por ACA, los departamentos técnicos de los molinos, los técnicos asesores y los representantes en el CAR de las estaciones, su permanente apoyo a la investigación y a la ciencia y la tecnología como herramientas estratégicas para un futuro más competitivo y pujante del sector.

Esperamos que los contenidos del ciclo de webinarios realizada en agosto de 2020 y de esta publicación que los documenta, contribuya con el propósito de acercar conocimientos, tecnologías e información a productores, técnicos y otros actores para apoyar la toma de decisiones a diferentes niveles del sector arrocero (chacra, sistema producción, cuenca, industria) y a eventuales diseños de políticas públicas y sectoriales. Buena lectura.



Ing. Agr. Ph.D. José Terra
Director Programa Nacional de Investigación en
Producción de Arroz



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

MAPEO ASOCIATIVO DE ARSÉNICO EN GRANO DE ARROZ EN GERMOPLASMA AVANZADO DE INIA

L. Ale¹, M. Verger², A. Raab³, J. Feldmann³, F. Pérez de Vida⁴, J. E. Rosas⁵

PALABRAS CLAVE: GWAS, inocuidad alimentaria, QTL

INTRODUCCIÓN

El arroz irrigado es uno de los cultivos más afectados por la eventual contaminación con arsénico (As) debido a las condiciones reductoras generadas por la lámina de agua que favorecen su captación inespecífica. Producir arroz que cumpla los estándares más estrictos de inocuidad en el mercado internacional es una prioridad para nuestro país, siendo también uno de los objetivos del Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA). La variación de As en el grano de arroz tiene un fuerte componente ambiental, seguido por el genotipo y la interacción genotipo-ambiente (Norton *et al.*, 2009). Además, la determinación de As por métodos químicos no es adecuada para el volumen de muestras que requieren los programas de mejoramiento genético, lo que hace que el mejoramiento para bajo contenido de As sea un objetivo desafiante. Las herramientas moleculares como los polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) y su uso en selección asistida, permitirían la selección a bajo costo en el marco del programa. Para evaluar la aplicabilidad de selección asistida para contenido de As en el grano es necesario identificar regiones o loci asociados a este rasgo (QTL) en el germoplasma del PMGA y evaluar su interacción con los ambientes locales. Los estudios de mapeo asociativo genómico (GWAS) son una estrategia adecuada para ello. Los objetivos de este trabajo fueron identificar SNP asociados al contenido de As en grano en líneas avanzadas

representativas del germoplasma del PMGA, evaluar la interacción de estas asociaciones con el ambiente, y la utilidad de estos SNP para selección asistida en el programa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos poblaciones compuestas por 160 líneas avanzadas de tipo *índica* y 207 de tipo *japónica* tropical, representativas del germoplasma del PMGA. Las poblaciones fueron evaluadas en dos ensayos de campo en las zafras 2017-2018 y 2018-2019, en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (Treinta y Tres) de INIA, con un diseño experimental de bloques completos aumentados. El grano cosechado se analizó para determinar su contenido de As total. Para el ensayo de 2017-2018 se analizaron todas las líneas, mientras que para el de 2018-2019 fueron 122 de tipo *índica* y 122 de tipo *japónica* tropical. Se determinó el contenido de As total en grano pulido mediante GF-AAS e ICP-MS en el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) y en el *Trace Element Speciation Laboratory* (TESLA) de la Universidad de Aberdeen (Reino Unido), respectivamente. Las líneas estudiadas contaban con datos de SNP obtenidos por genotipado por secuenciación en estudios previos (Rosas *et al.*, 2017). Se realizó un GWAS para cada año y población, estudiando la asociación entre las medias ajustadas para el contenido de As total en los ensayos de 2017-2018 y 2018-2019, y 50K SNP para la población de tipo *índica* y 20K SNP para la *japónica* tropical. Se utilizaron modelos mixtos con el genotipo modelado como aleatorio para corrección por estructura de la población. Se definieron como QTL

¹ Lic. Cs. Biol. Facultad de Ciencias UdelaR

² Quím. Farm. M.Sc. LATU

³ Dipl. Chem. Ph.D. TESLA – Analytical Chemistry, Institute of Chemistry, University of Graz (Austria)

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁵ Lic. M.Sc. Dr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jrosas@inia.org.uy

para As total las regiones con al menos 3 SNP significativos a no más de un millón de pares de bases (Mpb), con $R^2 \geq 0,3$. Por cada QTL se ajustó una primera serie de modelos multilocus, descartando los SNP no significativos. Los QTL con más de un SNP significativo fueron representados por haplotipos. Luego se ajustó un modelo multilocus con todos los SNP y haplotipos seleccionados, y mediante un procedimiento *backwards* se eliminaron los no significativos. Con el modelo multilocus final se estimó la proporción de la varianza fenotípica explicada (PVE) para cada año y población. Para evaluar la interacción QTL por ambiente, se estimó la PVE por los QTL identificados en un año, en las medias fenotípicas del otro año.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Las heredabilidades fueron de 0,64 y 0,34 en el ensayo de 2017-2018, y de 0,05 y 0,02 en el ensayo de 2018-2019, para *índica* y *japónica* tropical, respectivamente. Las correlaciones entre los valores de As total ajustados

para los años 2017-2018 y 2018-2019 no fueron significativas en ninguna de las dos poblaciones ($P > 0,1$, Figura 1). En la figura 2 se muestran los QTL encontrados en este estudio. Se identificaron 34 QTL asociados al contenido de As, 27 en la población *índica* y 7 en *japónica* tropical. Se encontraron cuatro QTL consistentes: en 1,2-1,6 Mpb del cromosoma 1 fue consistente entre ambas poblaciones y ambientes; en 13,3-14,9 Mpb del cromosoma 1 fue consistente entre ambos ensayos en *índica*; en 17,2-19,9 Mpb del cromosoma 10 fue consistente entre ambos ensayos en *japónica* tropical y en 22,0-22,4 Mpb del cromosoma 11 fue consistente entre ambas poblaciones en el ensayo 2017-2018. Cinco QTL coinciden en su localización con QTL previamente reportados (Murugaiyan *et al.* 2019; Liu *et al.* 2019). En el cuadro 1 se muestran los SNP y haplotipos seleccionados en cada modelo multilocus. La PVE por los QTL para los valores fenotípicos de un mismo año fueron altos, sin embargo, las PVE cruzadas estimadas con los QTL de un año y los valores fenotípicos del otro no superaron en ningún caso 0,1, indicando una fuerte interacción QTL por ambiente.

2

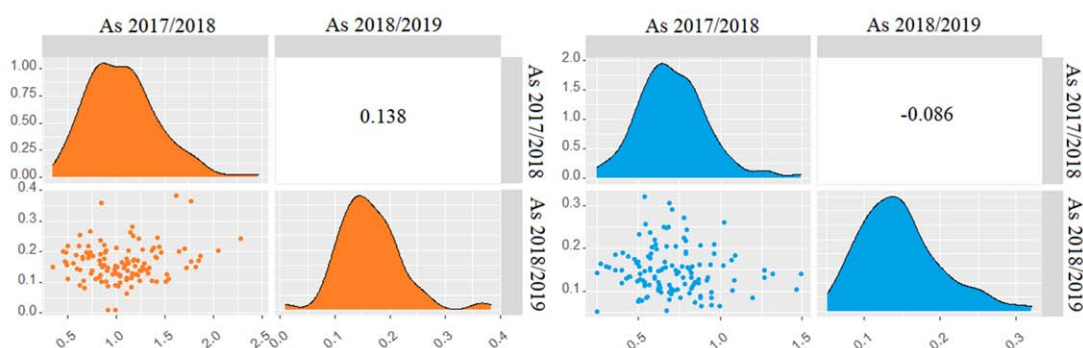


Figura 1. Correlación y distribución del contenido de arsénico total en grano para las poblaciones *índica* (izquierda) y *japónica* tropical (derecha), correspondientes a los ensayos 2017-2018 y 2018-2019.

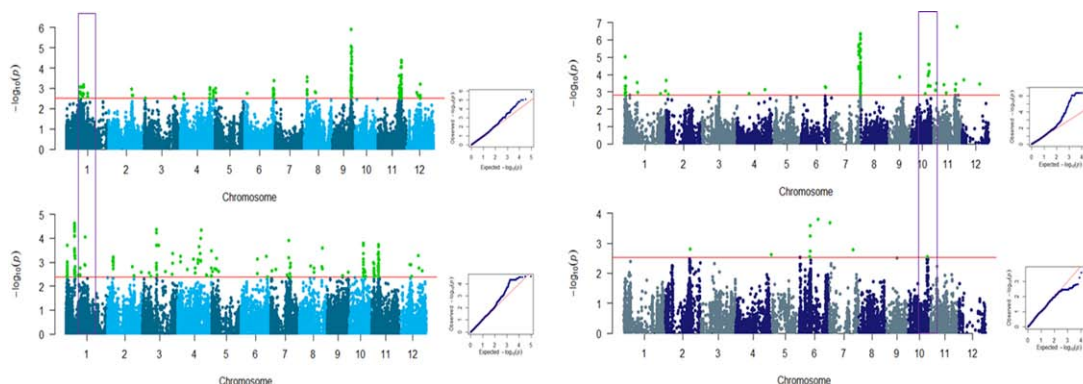


Figura 2. Resultados del GWAS para contenido de arsénico total en grano en las poblaciones *indica* (izquierda) y *japónica* tropical (derecha). Los gráficos de Manhattan y cuantil-cuantil correspondientes a los ensayos 2017-2018 y 2018-2019 se muestran en los paneles superior e inferior, respectivamente. Los QTL detectados en ambos años se representan con los recuadros violeta.

Cuadro 1. SNP seleccionados en el modelo conjunto multilocus para la determinación de la proporción de la varianza fenotípica explicada (PVE) por los QTL. Los SNPs de un mismo QTL formando haplotipos se muestran separados por dos barras. La PVE cruzada es la proporción de varianza en el experimento de un año que es explicada por los QTL identificados en el otro año.

Año	Tipo	Cromosoma	SNP	PVE	PVE cruzada
2018	<i>indica</i>	4	S4_3577731	0,31	(2019) 0,03
		4	S4_27426190//S4_30182896		
		8	S8_12067738		
	<i>japónica tropical</i>	9	S9_18977380//S9_19403255	0,34	(2019) 0,05
		7	S7_29092572//S7_29467615		
		10	S10_18360613		
2019	<i>indica</i>	11	S11_22444519//S11_23728357	0,55	(2018) 0,03
		1	S1_14814675		
		1	S1_1345895		
		3	S3_31218200		
	<i>japónica tropical</i>	7	S7_18504277	0,16	(2018) 0,01
		10	S10_14683637//S10_14501488		
		11	S11_7001370//S11_7444009		

CONCLUSIONES

Las heredabilidades intermedias y bajas, particularmente para el ensayo 2018-2019 donde los valores de As total fueron muy bajos, confirman la importancia del efecto ambiental, mientras que la baja correlación de los valores de As total entre los ensayos de diferentes años muestra la relevancia de la interacción genotipo por ambiente. Aun así, de los 34 QTL reportados en este trabajo, 2 de ellos se detectaron en ambos años y 3 pares de QTL se ubicaron en regiones muy próximas entre las dos zafas. Esta variación de las regiones genéticas involucradas en la acumulación de As total en el grano en función de las condiciones ambientales hace necesario caracterizar los ambientes objetivo a los que enfocar los esfuerzos de mejoramiento. Nuestros resultados sugieren que los marcadores identificados en el ensayo 2017-2018 podrían ser de utilidad para ambientes que favorecen una mayor acumulación de As total, mientras que los identificados en 2018-2019 podrían asociarse a ambientes con acumulación media de este elemento. Se requiere estudiar un mayor rango de ambientes para confirmar estos resultados y determinar con mayor confianza la utilidad de los marcadores identificados para selección asistida.

BIBLIOGRAFÍA

- Liu X.; Chen S.; Chen M.; et al.** 2019. Association study reveals genetic loci responsible for arsenic, cadmium and lead accumulation in rice grain in contaminated farmlands. *Front. Plant Sci.* 10:61. doi: 10.3389/fpls.2019.00061
- Murugaiyan, V.; Ali, J.; Mahender, A.; Aslam, U.M.; Ahmed Jewel, Z.; Pang, Y. Marfori-Nazarea, C.M.; Wu, L.B.; Frei, M.; Li, Z.** 2019. Mapping of genomic regions associated with arsenic toxicity stress in a backcross breeding population of rice (*Oryza sativa* L.). *Rice*, 12, 61. doi: <https://doi.org/10.1186/s12284-019-0321-y>
- Norton, G. J.; Deacon, C. M.; Xiong, L. Huang, S.; Meharg, A. A.; Price, A.H.** 2010. Genetic mapping of the rice ionome in leaves and grain: identification of QTLs for 17 elements including arsenic, cadmium, iron and selenium. *Plant and Soil*, 329(1-2), 139-153. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0141-8>
- Rosas, J.E.; Martínez, S.; Blanco, P., Pérez de Vida, F.B.; Bonnacarrère, V.; Mosquera, G.; Cruz, M.; Garaycochea, S.; Monteverde, E.; McCouch, S.; Germán, S.; Jannink, J.L.; Gutiérrez, L.** 2017. Resistance to multiple temperate and tropical stem and sheath diseases of rice. *Plant Genome*, 11:1–13. <https://doi.org/10.3835/plantgenome2017.03.0029>

CONSOLIDACIÓN DE LOS DATOS HISTÓRICOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE ARROZ EN UNA BASE DE DATOS

I. Rebollo¹, S. Scheffel¹, W. Iriarte², P. Blanco³, F. Molina⁴, F. Pérez de Vida⁵, J. E. Rosas⁶

PALABRAS CLAVE: análisis conjunto, gestión de la información, integración de datos.

INTRODUCCIÓN

El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA (PMGA) genera cada año más de 95.000 datos correspondientes a casi 7000 registros de ensayos de evaluación de rendimiento y análisis de laboratorio. Estos se archivan separadamente por ensayo, sin integrarse a una base de datos común, lo que dificulta su acceso y análisis en conjunto. El volumen de datos generado, así como la necesidad de capitalizar los avances en modelado estadístico y herramientas genómicas e integrarlos en su rutina de funcionamiento, hacen que el PMGA requiera adecuar su sistema de manejo de la información (Odell *et al.* 2017). El objetivo de este trabajo, en el marco del Proyecto ANII FSDA_1_2018_1_154120, fue la integración de toda la información disponible generada por el PMGA en una base de datos relacional, para su uso y actualización eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron los registros disponibles desde 1997 hasta la fecha de los ensayos de campo, cama de infección de enfermedades, y laboratorios de calidad industrial y culinaria, para la evaluación de líneas fijas de los subprogramas que integran el PMGA (*indica*, *japónica tropical*, *japónica templa-*

do, *Clearfield*, e *Híbridos*), en las etapas de evaluación 1 a 5 y Final. Las planillas de los subprogramas *japónica tropical*, *Clearfield* e *Híbridos* eran de dos tipos: tipo A con la ID de las líneas experimentales y su pedigrí, y tipo B con las variables fenotípicas medidas en el ensayo, para ellas se aplicó la metodología esquematizada en figura 1.1. Brevemente, se crearon y aplicaron códigos en R para leer y fusionar ambos tipos de planilla en un único *data frame* por ensayo, colapsándose todas las columnas que correspondieran a la misma variable. Para los datos de los subprogramas *indica* y *japónica templado* (Figura 1.2) se diseñó una planilla de formato uniforme con nombres estandarizados para los campos, creándose una planilla por ensayo. Éstas se recopilaron mediante un código en R en un único *data frame*. Posteriormente, se unificaron todos los *data frames* en uno con toda la información del PMGA, y se estandarizaron valores para datos perdidos y niveles de variables categóricas. Se aplicó un control de calidad con criterios estadísticos y agronómicos. Se separaron los datos en planillas correspondientes a las tablas para la creación de la base de datos, definiéndose la estructura de la base de datos relacional según los elementos que constituyen el sistema y sus relaciones. Las planillas se migraron a una base de datos gestionada mediante sistema SQL, formada por tablas estructuradas en registros y campos vinculados por un identificador.

¹ Ing. Agr. INIA. Estudiante de maestría Cs. Agrarias F. Agronomía, UdelaR.

² Br. INIA Unidad de Biotecnología

³ Ing. Agr. M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, hasta junio 2018

⁴ Ing. Agr. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁵ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁶ Lic. M.Sc. Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jrosas@inia.org.uy

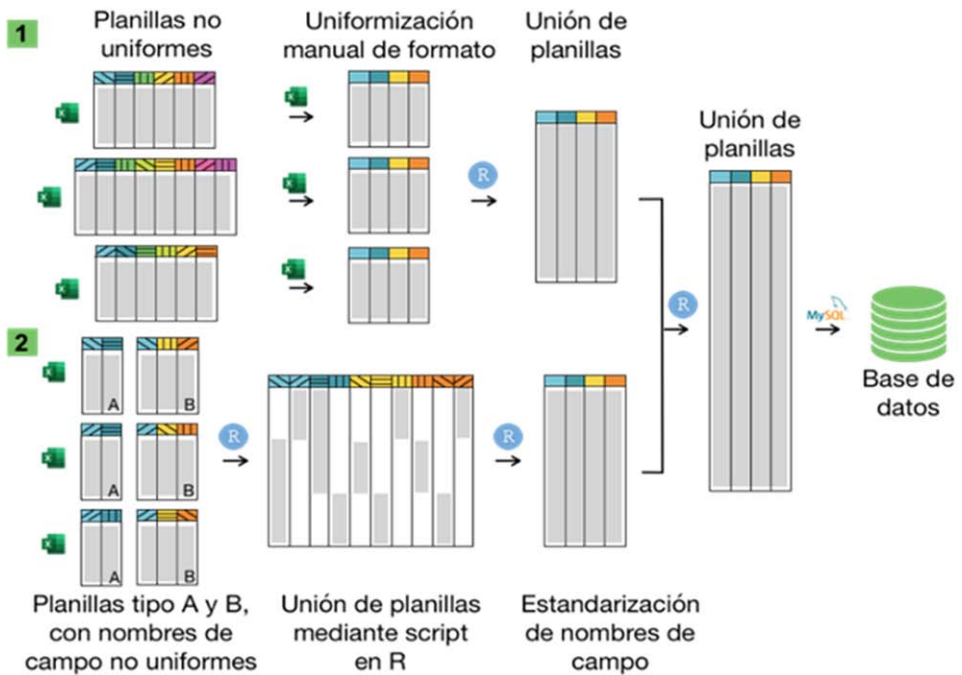


Figura 1. Esquema del proceso de consolidación de datos

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se consolidaron un total de 2.047.947 *datapoints* agrupados en 87.175 registros correspondientes a 22 años, 948 ensayos y 15 localidades. El número de registros por año

para cada subprograma fue de 41796 para *japónica* tropical, 21779 para *indica*, 5931 para Clearfield, 2098 para *japónica* templado, 1073 para Híbridos, y 8218 para las Evaluaciones Finales. En la figura 2 se muestra la distribución de los registros por año, localidad y etapa de evaluación.

6

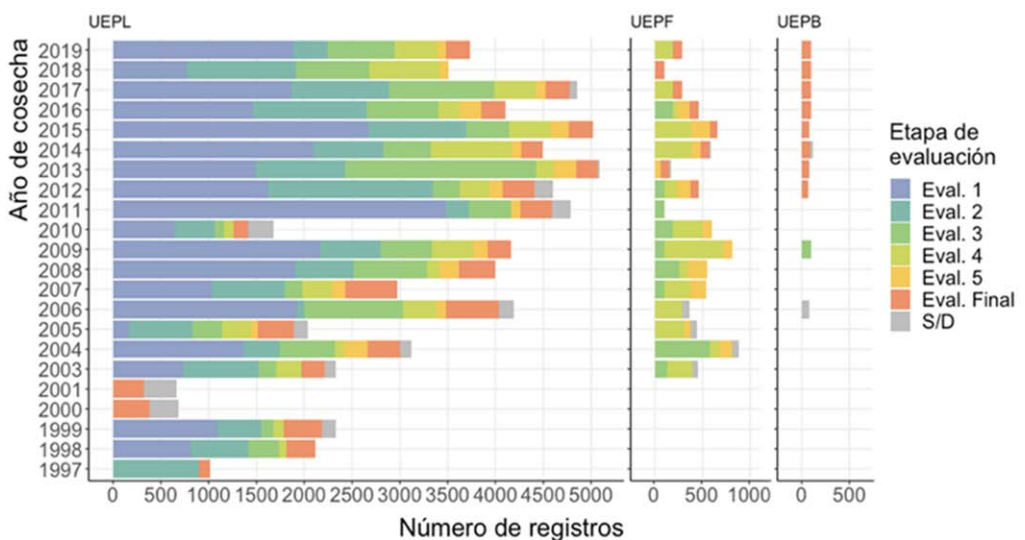


Figura 2. Cantidad de registros por etapa en cada localidad: Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres (UEPL), Unidad Experimental Paso Farías, Artigas (UEPF) y Unidad Experimental Pueblo del Barro, Tacuarembó (UEPB).

En la figura 3 se muestra la conectividad entre años a través de líneas evaluadas, y de parentales cuyas progenies se evaluaron cada año. Se observa buena conectividad entre años, con tres genotipos (INIA Tacuarí, INIA Caragatá y El Paso 144) evaluadas en común en los años más distantes (1997 y

2019), y con tres parentales cuyas progenies se evaluaron tanto en 1997 como en 2019 (El Paso 144, L-3616, y CL161). En general los años más cercanos están más conectados, tanto por líneas como por parentales, reflejando la repetición de líneas en las distintas etapas de evaluación del programa.

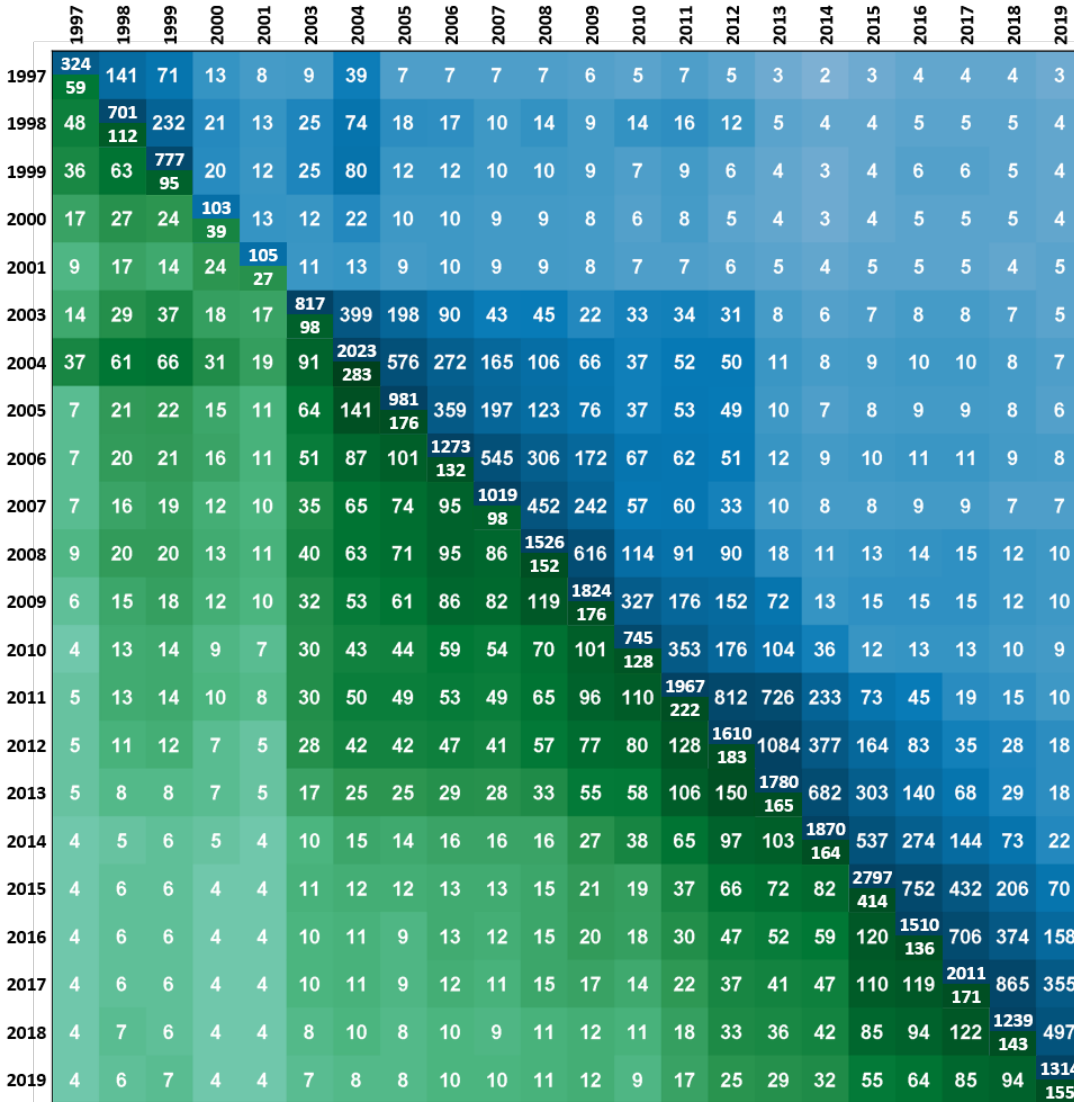


Figura 3. Conectividad entre años a través de líneas y parentales. En la diagonal se muestra en azul el número de líneas evaluado cada año, y en verde el número de padres cuyas progenies se evaluaron ese año. En el triángulo superior (azul) se muestra el número de líneas en común entre cada par de años, y en el triángulo inferior (verde) se muestra el número de parentales en común entre cada par de años.

La base de datos relacional implementada en SQL contiene cinco tablas (Líneas, Fenotipos, Genotipos, Cruzamientos, y Ensayos). La tabla Líneas contiene una identificación única para cada material genético evaluado por el PMGA, con posibilidad de registrar su identificación en el Banco de Germoplasma de INIA, así como la identificación autogenerada en programas de mejoramiento asociados como el de FLAR. Esta tabla se vincula a través de la identificación única con las tablas de Cruzamientos (información de pedigrí), Genotipos (información genotípica molecular), y Fenotipos (registros de variables medidas en ensayos de campo y laboratorio). Esta última se vincula con la tabla Ensayos a través de una identificación única para cada registro, que surge de la combinación automática del nombre del ensayo, el año, la localidad, la identificación de la línea, y la repetición.

CONCLUSIONES

A través de la creación la base de datos generada en este trabajo, se logró organizar la información generada por el PMGA de manera sistemática. Esto permitirá normalizar la información, concentrar todos los datos en un único lugar, evitar la redundancia y la duplicidad de registros, asegurar la integridad de la información almacenada y facilitar tanto el acceso como el registro de nuevos datos. Esta misma base de datos se continuará actualizando en forma rutinaria con los datos de cada año. Los datos actualmente consolidados facilitarán la realización de análisis conjuntos usando información de varios ensayos, lo que podrá en principio aumentar la precisión de las estimaciones y por ende la ganancia genética y la eficiencia del PMGA. También a partir de los datos consolidados se podrán hacer evaluaciones del progreso genético del PMGA a través de los años, así como hacer proyecciones sobre la ganancia genética futura.

BIBLIOGRAFÍA

Odell, S. G.; Lazo, G. R.; Woodhouse, M. R.; Hane, D. L.; Sen, T. Z. 2017. The art of curation at a biological database: principles and application. *Current Plant Biology*, 11: 2-11.
<https://doi.org/10.1016/j.cpb.2017.11.001>

PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO EN CHACRAS: ¿QUÉ ES IMPORTANTE?

N. Berberian¹, J. E. Rosas², F. Pérez de Vida³, M. Marella⁴, F. Massa⁵

PALABRAS CLAVE: condiciones productivas, datos longitudinales, modelos mixtos

INTRODUCCIÓN

Obtener buenas predicciones de rendimiento en las chacras que remiten su producción a la empresa SAMAN es prioridad tanto para la planificación como para la toma de decisiones de manejo del cultivo. Identificar cuáles son las variables de mayor influencia en el rendimiento, y utilizarlas en un modelo estadístico que contemple su trayectoria histórica es una alternativa metodológica con fuerte sustento teórico para obtener dichas predicciones. La variabilidad en el rendimiento del cultivo de arroz en Uruguay está fuertemente influenciada por la variación en el manejo actual del cultivo, en particular la fecha de siembra (Blanco *et al.* 2010). A su vez la variabilidad en la fertilidad del suelo es afectada en gran medida por el uso previo del suelo, así como por el manejo del cultivo actual. Específicamente en chacras comerciales, el nivel de enmalezamiento y la lámina de riego están muy relacionados con la variación de rendimiento del cultivo (Roel y Firpo, 2007). A partir de datos de 10 años de la empresa SAMAN, Uraga *et al.* (2011) por medio de árboles de clasificación concluyeron que las variables que más explican esta variación entre productores son la zafra, el productor, la fecha de siembra y riego. Sin embargo, estos resultados no incorporan eficientemente la estructura temporal de la información, lo cual sí puede hacerse utilizando modelos mixtos. Este estudio busca obtener un modelo de rendimiento de arroz en condiciones productivas que considere la

tendencia temporal, e identificar las variables determinantes del rendimiento y su capacidad predictiva, a partir de los datos que se generan actualmente en forma rutinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se dispuso de un total de 1370 registros del rendimiento promedio (bolsas por hectárea) provenientes de un conjunto de 390 establecimientos arroceros remitentes a la empresa SAMAN, en el período comprendido entre las zafra 2012-2013 y 2017-2018. En cada zafra se trabajó con un total de 12 variables: método de siembra, historia de chacra, momento y tipo de laboreo, variedad, día de inicio de siembra y de riego, control de malezas, de insectos y de hongos, días a emergencia y calidad del riego. Primeramente, se realizó un análisis conjunto (longitudinal) en el que se consideró a las chacras como unidades con medidas repetidas en el tiempo. En un modelo mixto se consideraron como efectos fijos el año (zafra) y las variables de manejo, y la chacra como efecto aleatorio. Se utilizó el método *backward* con el fin de obtener un conjunto de variables con efecto significativo (5%) sobre el rendimiento promedio, en este modelo longitudinal. En segunda instancia se realizó un análisis independiente para cada una de las seis zafras (sección cruzada), considerando las variables que resultaron significativas en el paso previo. En este caso el modelo solamente consideraba como efectos fijos a las variables de manejo. Se empleó el coeficiente de determinación (R^2) de forma directa para evaluar la capacidad predictiva de cada uno de los modelos evaluados y mediante el incremento relativo

¹ Lic. M.Sc. UdelaR, F. Agronomía, Depto de Biometría, Estadística y Computación, nberberian@fabro.edu.uy

² Lic. M.Sc. Dr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

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

⁴ Ing. Agr. SAMAN Uruguay marella@saman.com.uy

⁵ Lic. MSc. UdelaR Depto. Métodos Cuantitativos, F. Cs Económicas y de Administración fmassa@iesta.edu.uy

del indicador se determinó la importancia relativa de cada variable explicativa. Para comparar el efecto de las variables entre los distintos modelos se emplearon *forest-plots*.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Un análisis descriptivo muestra que sólo el 31% de las chacras presentó datos para las seis zafras incluidas en el estudio. Asimismo, se obtuvo un valor de rendimiento promedio de 166,6 bolsas/ha. con un desvío de 26,5, no pareciendo haber tendencia a lo largo del período de evaluación (Cuadro 1).

Las variables método de siembra, tipo de laboreo, variedad, día de inicio de siembra

y control de insectos resultaron no ser significativas en ningún modelo. Las restantes siete fueron significativas en el modelo longitudinal y estas fueron las utilizadas en los modelos de sección cruzada.

En la figura 1 se presenta el poder predictivo de cada uno de los siete modelos utilizados y se observa que el indicador R^2 presenta fluctuaciones importantes entre los modelos de sección cruzada. Dado que todos los modelos utilizan el mismo número de variables, estas fluctuaciones se deben en gran medida a que el conjunto de chacras varía a lo largo de las zafras. El valor del R^2 correspondiente al modelo longitudinal sólo es superado por el de sección cruzada de la zafra 2017-2018.

Cuadro 1. Rendimiento promedio y desvío según zafras.

Zafras	Nº chacras	Promedio	Desvío
2012 - 2013	255	163,1	28,5
2013 - 2014	229	162,2	31,4
2014 - 2015	201	169,7	20
2015 - 2016	218	166,8	24,5
2016 - 2017	239	174,0	19,2
2017 - 2018	228	163,8	30,1
Total	390	166,6	26,5

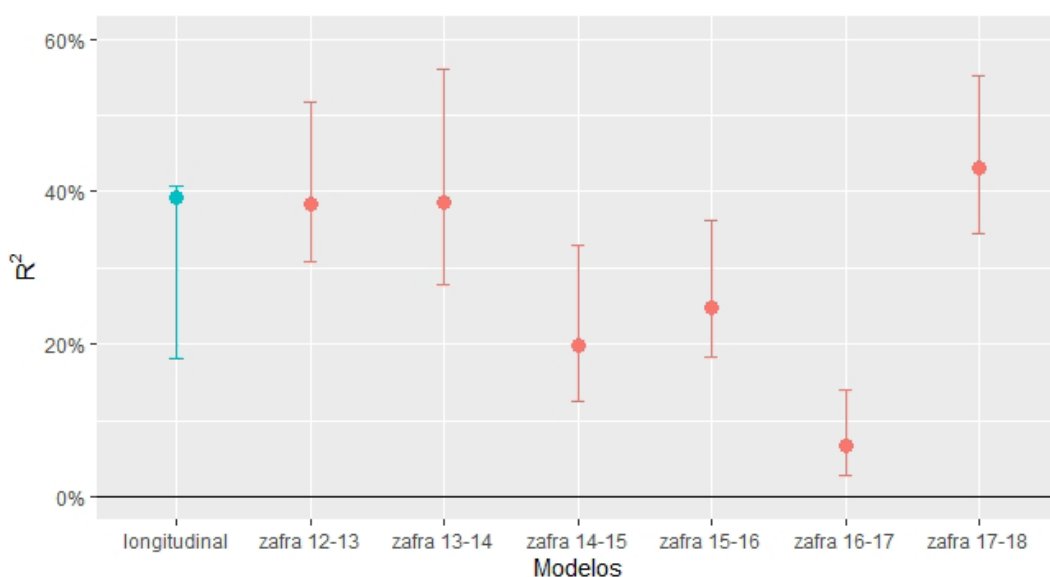


Figura 1. Estimación puntual y por intervalos (5%) para el coeficiente R^2 , por modelo y zafra.

Cuadro 2. Incremento relativo (%) del R² en función de cada variable, según modelo y zafra.

Variables	Longitudinal	Sección cruzada					
		2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016	2016- 2017	2017- 2018
Año	1,3						
Historia de chacra	2,1	22,6	4,3	23,4	39,2	6,6	0,7
Laboreo presiembra	1,4	21,2	1,9	26,0	31,7	11,5	1,3
Día de emergencia	3,6	51,5	1,2	56,6	27,1	2,8	51,0
Día de inicio de riego	6,8	20,6	23,5	29,5	35,0	0,5	1,8
Control de malezas	15,4	21,5	17,2	36,0	45,6	25,6	11,2
Control de hongos	6,2	31,0	3,4	21,0	32,1	19,5	0,3
Calidad de riego	31,8	62,9	17,8	39,4	48,1	24,4	19,6

A partir del cuadro 2 se observa que para los modelos se sección no es posible determinar un ranking único del aporte relativo de las variables, puesto que este difiere según la zafra. En el modelo longitudinal se incluye la variable Año (p-value=0,002), que tiene validez únicamente en este modelo puesto que

es el que globaliza todas las zafras y captura la tendencia del rendimiento de las chacras a lo largo del tiempo, y tiene un aporte al incremento relativo del R² de un escaso 1,3%. Se evidencia que la variable más relevante es calidad de riego.

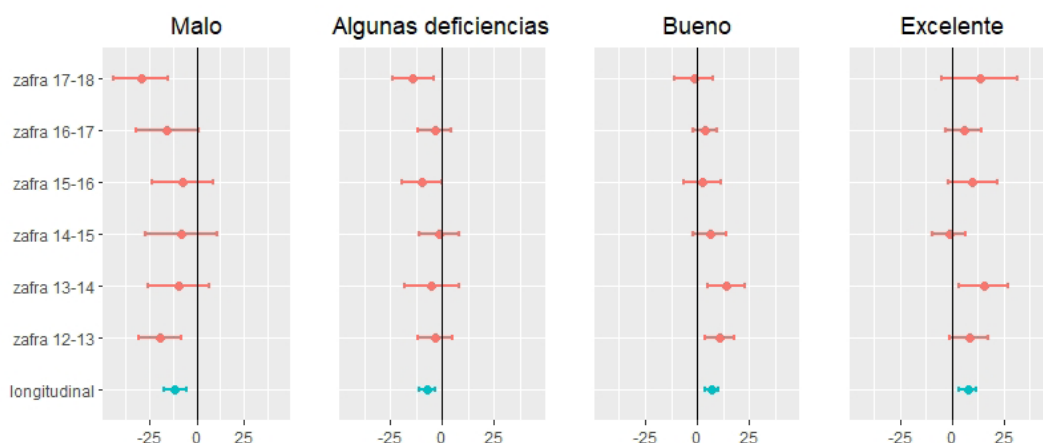


Figura 2. Efecto de calidad de riego sobre rendimiento medio según categoría, modelo y zafra.

Los *forest-plot* de la figura 2 presentan la estimación por intervalo de confianza al 95% de los efectos de los distintos niveles de la variable calidad de riego. En todos los niveles el modelo longitudinal tuvo estimaciones significativas y más precisas. Para los mode-

los de sección cruzada, en las zafras 2014-2015, 2015-2016 y 2016-2017 los efectos fueron no significativos y para los demás casos hubo fluctuaciones, no pudiendo evidenciar un patrón de comportamiento para todos los niveles.

CONCLUSIONES

El uso de los modelos estadísticos considerados en este estudio permitió obtener predicciones exentas de subjetividad y a la vez proporcionó una aproximación de cuáles son los factores determinantes del rendimiento del cultivo en condiciones productivas. Si bien a partir de los resultados no parece evidenciarse un fuerte componente de tendencia, lo que desfavorecería al modelo longitudinal, este presenta ventajas a través de un aumento en la precisión de las estimaciones. Adicionalmente, analizar en forma conjunta la información de los establecimientos a lo largo de todo el período permite establecer cuáles son las variables determinantes del rendimiento del cultivo con mayor certeza que el análisis independiente por zafra.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, P.; Roel, A.; Deambrosi, E.; Bonilla, C.; Cantou, C.; Molina, F. 2010. Closing the yield gap in rice production in Uruguay: impact of technological changes. In: International Rice Research Conference (28°, 2010, Hanoi, Vietnam). CGIAR, IRRI, Session: OP02, Closing the yield gap, Hanoi, Vietnam.

Roel, A.; Firpo, H.; Plant, R. E. 2007. Why do some farmers get higher yields? Multivariate analysis of a group of Uruguayan rice farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 58: 78-92.
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2006.10.001>

Uraga, R.; Bonilla, C.; Roel, A. 2011.
<http://www.inia.org.uy>. Recuperado el 23/08/2020 de
http://www.inia.org.uy/estaciones/ttres/actividades/2011/presentacion_saman4.pdf

INDICADORES TECNOLÓGICOS-PRODUCTIVOS ZAFRA ARROCERA 2019-2020

F. Molina¹, J. Terra², A. Roel², M. Oxley³

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

INTRODUCCIÓN

Las tendencias tecnológicas y productivas del cultivo de arroz son compartidas por los molinos arroceros en el taller de análisis de zafra que se realiza anualmente en mayo en INIA Treinta y Tres. En el último lustro se observa un estancamiento de los rendimientos de arroz que habían crecido sostenidamente desde mediados de la década del 70.

La información presentada en este artículo corresponde a datos generados y presentados por seis industrias arroceras del Uruguay (Arrozal 33, CASARONE, Coopar, Damboriarena Ecosteguy, Glencore y SAMAN), que en su conjunto representan más del 80% del área sembrada. El objetivo del trabajo, como cada año, fue consolidar la información recabada y generar los coeficientes e indicadores productivos y tecnológicos más relevantes del sector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los molinos arroceros reportan anualmente un formulario con las variables tecnológicas promedio más relevantes de sus productores entre las que se destacan, uso de suelo, rendimiento, utilización de agroquímicos, fertili-

zación, cultivares, etc. Dicha información se consolida y resume para presentarla a nivel nacional y cuando corresponde, se la agrupa de acuerdo con las tres regiones principales de producción: Este, Centro y Norte. En la mayoría de los casos, se hace referencia a las medias ponderadas en base a la producción o superficie de cada empresa. En algunas variables seleccionadas se presenta la tendencia histórica de la variable o el valor anual según corresponda.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Si bien la siembra sobre rastros sigue siendo el uso del suelo dominante, su importancia relativa ha bajado, ocupando hoy 33% del área (Figura 1). El retorno sin praderas es el 2do antecesor de mayor importancia (30%) luego de los rastros. El área restante se siembra sobre retornos sobre praderas (24%) y en menor proporción sobre rastros de soja (11%). Este último ha venido creciendo de forma sistemática en los últimos años. Aunque del total de área solamente un tercio se siembra sobre laboreo anticipado, si consideramos la siembra sobre soja vemos que el 40% del área se realiza con preparación anticipada. Esto tiene considerables ventajas asociadas a la oportunidad de siembra en la época óptima. El porcentaje de campo nuevo no llegó al 2% en la pasada zafra.

¹ Ing. Agr. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fmolina@inia.org.uy

² Ing. Agr. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

³ Téc. Agrop. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

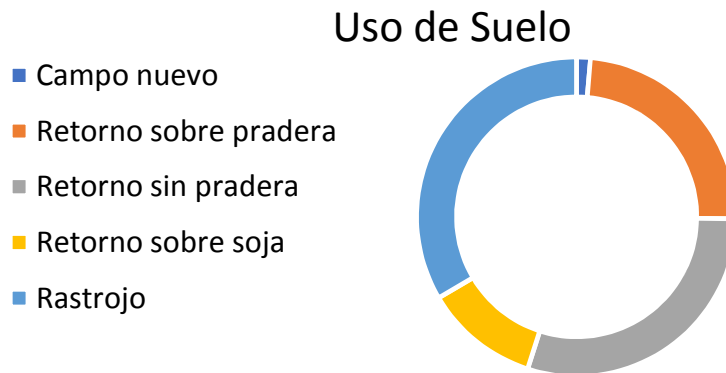


Figura 1. Uso de suelo

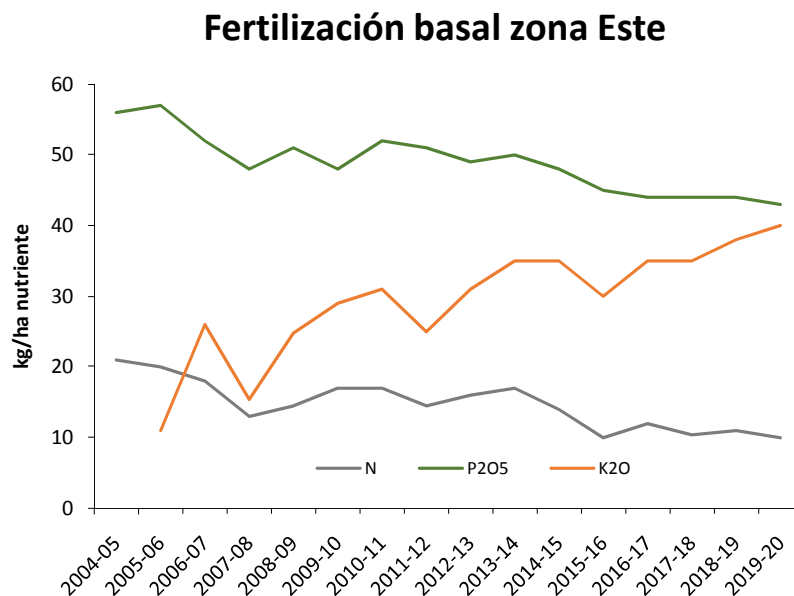


Figura 2. Fertilización a la base de macronutrientes N: nitrógeno, P₂O₅: fósforo y K₂O: potasio en kilos por hectárea en el cultivo de arroz

La dosis aplicada de fósforo ha bajado en todas las regiones arroceras. En la zona Este el fósforo aplicado se redujo desde aproximadamente 53 kg/ha hasta 43 kg/ha de P₂O₅. Similarmente, la aplicación de N basal disminuyó casi 50%. Por otro lado, la fertilización con K ha aumentado en área y dosis. Actualmente se aplica alrededor del 80% del área, con dosis de aproximadamente 40 kg/ha de K₂O. En 16 años, el potasio pasó de ser un nutriente que casi no se aplicaba a cuadruplicar su uso, mien-

tras que el fósforo se ha reducido 17%. Actualmente se aplican dosis similares de ambos.

La dosis de nitrógeno en cobertura ha aumentado casi un 40% en 16 años en todo el país. Particularmente en el Este del país donde antes del 2004-2005 se usaban aproximadamente 55 kg/ha de N. En las últimas 5 zafras la dosis de nitrógeno ha promediado 80 kg/ha con una tasa de crecimiento de 7 kg/ha de urea anualmente (Figura 3).

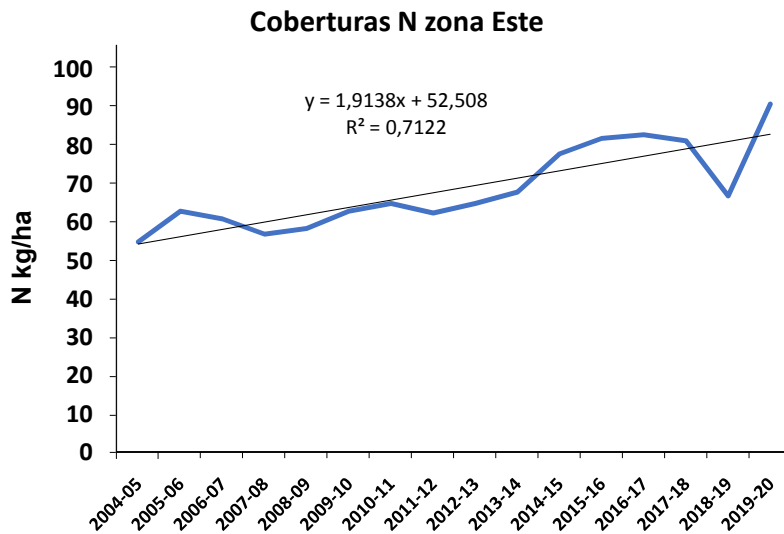


Figura 3. Cobertura nitrogenada en la zona Este

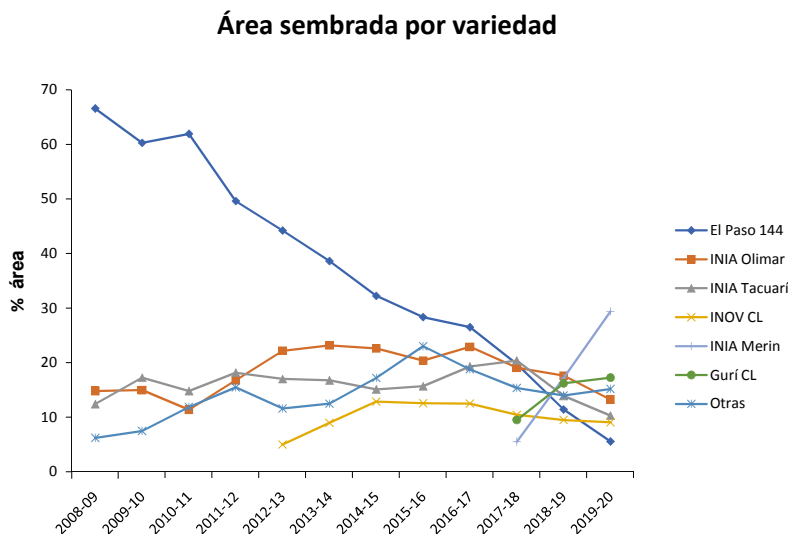


Figura 4. Porcentaje de área de los cultivares más sembrados

El número y proporción de cultivares ha cambiado sustancialmente en los últimos años. En el comienzo de la serie (2005) 3 cultivares generados por INIA (INIA Tacuarí, El Paso 144 e INIA Olimar) ocupaban el 95% del área del país. Hoy día, estos mismos cultivares no representan más del 30% del área y se siembran más de 15 cultivares (Figura 4). El cultivar más sembrado actualmente es INIA Merin ocupando el 29% del

área y con perspectivas de crecimiento para la próxima zafra debido su excelente desempeño agronómico. El área con cultivares resistentes a las imidazolinonas en los últimos años se ha mantenido en torno al 25-28%, siendo Gurí INTA CL el cultivar más sembrado. Dentro de otros materiales se puede destacar el crecimiento de cultivares de tipo de granos especiales, incluyendo granos medios y cortos.

En la apertura por región, se ve una tendencia a la regionalización de cultivares por ambiente. Los cultivares de tipo indico, INIA Olimar, INIA Merín, y Gurí INTA CL, claramente están concentrados en el norte del país ocupando 44, 23 y 15% del área respectivamente. Mientras que la zona Este concentra una mayor proporción de cultivares de grano especiales y de tipo *japónica* tropical, además de INIA Merín.

El herbicida más usado en sistema convencional de la serie ha sido Clomazone, aunque ha reducido su importancia relativa hasta ocupar del 53% del área actualmente. El uso de Quinclorc se ha reducido significativamente hasta el 11% del área. Cyhalofop es el se-

gundo herbicida más usado con 16% seguido de Penoxsulam y Byspiribac (Figura 5).

El uso de imidazolinonas en los sistemas con cultivares resistentes ocupa el 35% del área total de productos aplicados.

El uso de fungicidas que había crecido entre 2006-2017, tuvo una leve baja en las últimas zafras producto del aumento de variedades resistentes y la menor incidencia de años predisponentes a *Pyricularia*. En la zafra 2010-2011 se aplicaron fungicidas en casi toda el área debido a la conjunción de año predisponente para la aparición de la enfermedad y variedades susceptibles. Progresivamente ha ido bajando, aunque el norte

Evolución de los principios activos

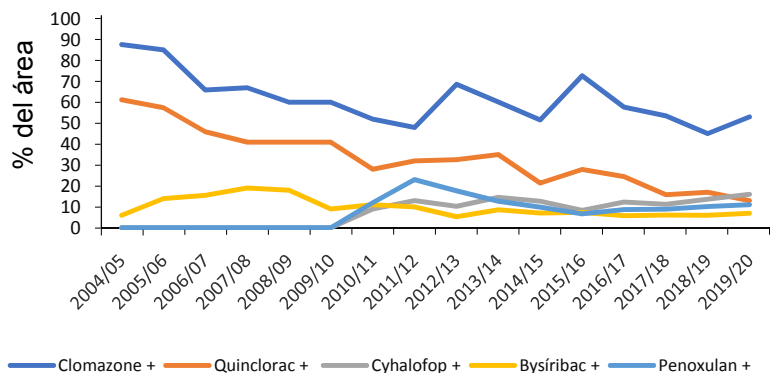


Figura 5. Porcentaje de área de los herbicidas más usados.

Aplicación de fungicidas

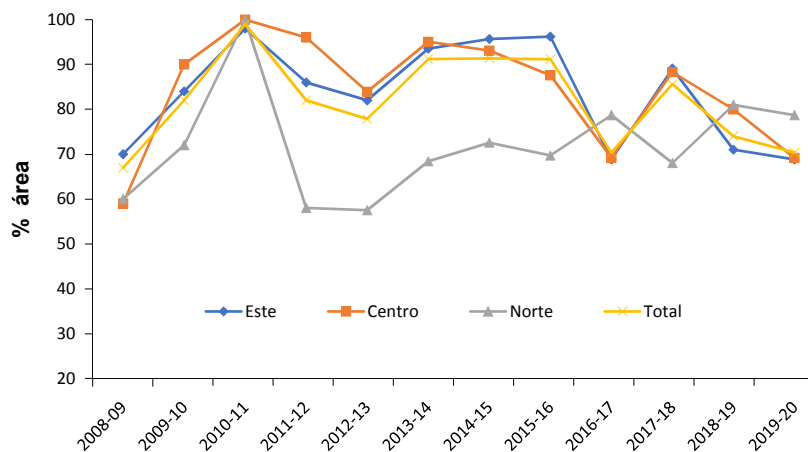


Figura 6. Porcentaje de área de aplicación de fungicidas más usados.

del país mantiene porcentajes relativamente altos, cercanos al 80% lo cual es coincidente con mayor área de cultivares susceptibles. El principio activo más usado solo o en mezcla sigue siendo Azoxistrobina con 83%, seguido de Ciproconazol con 46% del área.

El rendimiento promedio de la zafra 2019-2020 fue 8500 kg/ha, la tercera de mayor pro-

ductividad de la serie histórica. El rendimiento de arroz en el Este y Centro fue 8400 y 8250 kg/ha respectivamente, mientras que en el Norte se observó la mayor productividad de la zafra (9100 kg/ha). Cuando se desglosa el rendimiento por variedad, se constata el buen desempeño productivo de INIA Merín siendo la más destacada con 9100 kg/ha en algo más de 35.000 hectáreas (Figura 7 y Cuadro1).

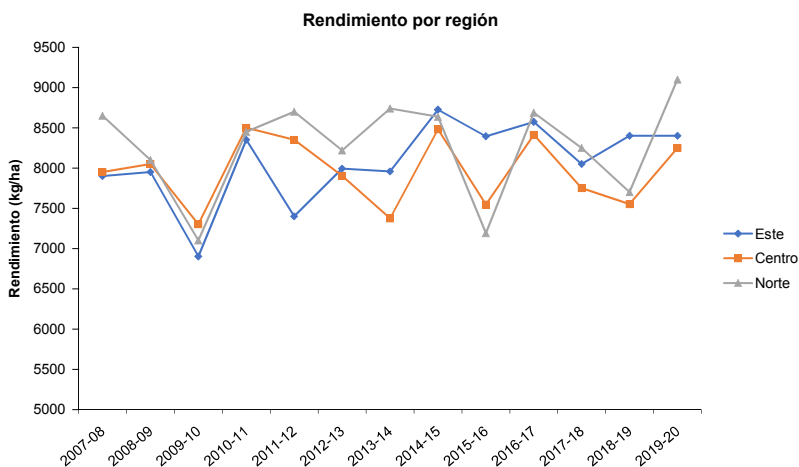


Figura 7. Rendimiento para la zona Este, Centro y Norte del país.

Cuadro1. Materiales más sembrados y productividad

Variedad	ha	bolsas/ha
El Paso 144	6811	7650
INIA Olimar	16183	8350
INIA Tacuarí	12575	7650
Guri INTA CL	21074	8450
INIA Merín	35916	9100
INOV CL	11081	9200

CONCLUSIONES

El sector arrocero ha pasado por varios cambios tecnológicos en los últimos años. Entre las tendencias más claras y posiblemente más relacionadas con el aumento del rendimiento se destacan la introducción de INIA Merín y el aumento del número de cultivares disponibles adaptados a diferentes ambientes y manejos alternativos. El aumento de la dosis de nitrógeno en cobertura y el mayor uso de potasio también pueden explicar parte de esta tendencia. La protección del rendimiento con fungicidas y el uso de nuevas moléculas de herbicidas, si bien no aumentan el rendimiento han permitido explorar los potenciales alcanzables del cultivo. A pesar del exceso de precipitaciones durante octubre de 2019 que determinaron que más del 50% del área del cultivo se sembrara tarde y fuera de la época óptima, se obtuvo uno de los mayores rendimientos históricos de la serie debido a las buenas condiciones de radiación y temperatura posteriores durante el ciclo.

AGRADECIMIENTOS

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

BIBLIOGRAFÍA

Molina F.; Terra J.; Roel. A. 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas del cultivo de arroz en Uruguay. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. Eds. Arroz 2019. Montevideo: INIA, 2019. p. 1-3. (INIA Serie Técnica; 250)

DIEA. 2017. Encuesta de Arroz: Zafra 2016/2017. Montevideo: MGAP. (Serie encuestas, 346). Recuperado de <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/datos-y-estadisticas/estadisticas/encuesta-arroz-zafra-2016-17>

INFORME DE ZAFRA, Grupo de Trabajo Arroz, Treinta y Tres, Uruguay. Formato web www.inia.org.uy

EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES JAPÓNICA TROPICALES

F. Molina¹

PALABRAS CLAVE: adaptación, germoplasma elite, rendimiento

INTRODUCCIÓN

Dentro de las líneas de investigación del proyecto mejoramiento genético de arroz de INIA se encuentra el desarrollo de cultivares de arroz tipo *japónica* tropical, de alto potencial de rendimiento, buena calidad molinera y culinaria. INIA Tacuarí ha sido una referencia por muchos años, ocupando un área significativa. Sin embargo, la pérdida de incentivo en el valor del producto en las últimas zafras y su menor productividad relativa a otros cultivares de tipo Indico, hacen imperioso lograr un sustituto a dicho cultivar. El cultivar Parao se liberó con el objetivo de atender parte de esta demanda, logrando productividades excelentes, pero algunos aspectos de calidad culinaria no lo lograron posicionarlo como un sustituto real de INIA Tacuarí. En la actualidad, el programa cuenta con varias líneas derivadas de cruzamientos entre líneas con calidad típica del sur de los Estados Unidos, que han demostrado un excelente comportamiento agronómico. Algunos de los materiales ya han sido incluidos en la Red Nacional de Evaluación de Cultivares de INASE y para la presente zafra se comenzará la validación en faja de varios de estos materiales.

En esta sección se presenta la información de los cultivares que se encuentran en eta-

pas avanzadas del proceso de mejoramiento, incluyendo los resultados de la zafra 2019-2020 y el resumen de la información disponible desde el ingreso de los cultivares a evaluación. El objetivo de este grupo de ensayos fue generar cultivares de igual o mayor rendimiento que Parao (testigo de potencial de rendimiento), con resistencia a *Pyricularia* y de mejor calidad física y culinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron localizados en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres. El diseño fue de bloques completos al azar, con dos y tres repeticiones dependiendo de la etapa de evaluación. Para la zafra 2019-2020 en los cuadros se incluye información de los análisis de varianza, indicándose si existieron diferencias significativas para cultivares o repeticiones, a través del nivel de probabilidad (diferencias significativas: $0,05 > P > 0,01$; muy significativas: $P < 0,01$). También se incluyen el Coeficiente de Variación (CV%) y la Mínima Diferencia Significativa (MDS $P < 0,05$). Los signos de “+” y “-” indican diferencias significativas de cada cultivar con el testigo INIA Tacuarí, en la respectiva columna de medias. El grupo de materiales que integra el ensayo provienen, en su mayoría, de un cruzamiento que en su pedigrí tiene a INIA Tacuarí o Parao como progenitor en mayor o menor medida cruzadas con líneas destacadas del programa.

¹ Ing. Agr., Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fmolina@inia.org.uy

A. Zafra 2019-2020. El ensayo E4-1 tuvo un rendimiento promedio de 10,1 t/ha con un bajo coeficiente de variación a pesar de los excesos de lluvias en etapas iniciales y los problemas de emergencia. Se presentan en el cuadro 1 solamente los cultivares que rindieron significativamente más que INIA Tacuarí. El máximo rendimiento fue alcanzado por los testigos índicos seguido por dos

líneas L11836 y L12140 que rindieron 24% más que INIA Tacuarí (Cuadro 1). Dentro del grupo de alto rendimiento, se encuentran varias líneas con ciclo intermedio, buen porte de planta y muy buena calidad molinera. Dentro de este grupo de materiales, se encuentran algunas líneas que ya ingresaron a la Red Nacional de Evaluación de cultivares tales como L12148 y L12117.

Cuadro 1. Evaluación Avanzada, E4-1, 2019-2020. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en UEPL, para las 14 líneas más productivas y testigos.

Cultivar	Rend. kg/ha	Flor. días	Altura cm	Entero %	Yesa. %	Largo mm	Ancho mm	Rel. L/A
INIA Olimar	11481 +	105 +	91	66,1	2,1	6,9 +	2,0 +	3,5 +
El Paso 144	11450 +	111 +	92	66,7	3,5	6,7 +	2,1 +	3,2 -
L 11836	10943 +	103 +	91	65,6	2,5	6,5 +	2,0 +	3,4
L 12140	10934 +	105 +	84	69,1	2,1	6,8 +	2,1 +	3,2 -
L 12148	10861 +	107 +	76 -	69,1	1,5	6,8 +	2,1 +	3,3
L 11862	10831 +	105 +	85	67,8	2,7	6,3	2,1 +	3,1 -
L 12207	10621 +	107 +	81 -	67,3	4,5 +	6,9 +	2,1 +	3,3
L 12111	10560 +	100	79 -	69,9 +	2,0	6,5 +	2,0 +	3,3
L 12139	10442 +	105 +	80 -	69,3	2,4	6,8 +	2,1 +	3,2 -
L 11893	10399 +	104 +	79 -	68,7	3,0	6,8 +	2,1 +	3,2
L 11908	10362 +	104 +	84	67,0	3,1	6,7 +	2,1 +	3,3
L 11847	10346 +	105 +	86	68,6	2,8	6,6 +	2,1 +	3,2 -
L 11819	10334 +	105 +	86	64,6 -	2,9	6,6 +	2,0 +	3,3
L 11775	10329 +	102 +	78 -	66,3	2,8	6,9 +	2,1 +	3,3
L 12117	10286 +	104 +	79 -	67,8	1,6	6,7 +	2,1 +	3,2 -
L 12212	10285 +	106 +	83	69,5	2,7	6,7 +	2,1 +	3,2 -
Parao	10027	105 +	80 -	67,0	4,8 +	6,9 +	2,1 +	3,3
INIA Tacuarí	8825	100	88	67,3	2,6	6,3	1,9	3,3
Media	10122	104	82	67,0	2,7	6,7	2,1	3,3
Prob Cult	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CV %	8,8	0,9	3,6	2,2	35	0,9	1,6	1,4
MDS (0.05)	1454	1,6	4,8	2,4	1,5	0,1	0,1	0,1

B. Comportamiento en las últimas zafas. En el cuadro 2 se presentan los promedios de las líneas experimentales más productivas desde su ingreso a evaluación en UEPL, junto a las variedades testigo. Para rendimiento y yeso se cuenta con información de tres años y para las demás variables con cuatro años. Las mejores líneas experimentales tales como L11899 y L1240 mantiene una muy buena ventaja de rendimiento, en el orden del 23%, en relación

con INIA Tacuarí. En cuanto a ciclo todos los materiales son intermedios. El porte de planta es adecuado y levemente inferior al testigo. L11899 a pesar de ser el material más productivo en la serie presenta un grano escaso en largo y levemente ancho, lo que lo posiciona en segundo plano en relación con otras líneas tales como L12148 que mantiene el potencial rendimiento con un grano más balanceado para la referencia de largo fino.

Cuadro 2. Evaluación Avanzada, E4-1. Promedios de rendimiento, características agronómicas y calidad molinera (4 años) en Paso de la Laguna, para las 11 líneas experimentales de mayor rendimiento y testigos.

Cultivar	Rend. kg/ha	Flor. días	Altura cm	ISD(1) Scler.	ISD(1) Rhizo.	Entero %	Yesa. %	Largo mm	Ancho mm	Rel. L/A
L 11899	10369	104	75	3,2	1,5	65,8	3,1	6,7	2,3	3,0
L 12148	10315	105	77	3,3	2,5	65,9	3,2	6,8	2,1	3,3
L 11836	10259	99	90	3,3	2,3	63,5	3,9	6,7	2,1	3,3
L 12111	10242	98	79	3,3	2,8	67,5	5,4	6,5	2,0	3,2
L 12140	10161	104	85	4,0	3,5	68,2	3,9	6,8	2,2	3,1
L 12117	10152	100	79	3,0	2,8	66,6	3,6	6,7	2,2	3,1
L 12091	10143	103	81	3,2	2,0	64,8	4,2	7,1	2,0	3,5
L 11908	10103	102	85	4,0	2,3	65,3	4,4	6,7	2,1	3,2
L 11893	10080	102	79	3,6	2,0	65,8	3,9	6,9	2,2	3,1
L 12139	10031	102	83	3,6	3,5	67,5	3,1	6,8	2,1	3,2
L 12207	9997	106	79	3,5	1,5	66,0	5,3	6,8	2,2	3,2
INIA Olimar	9957	103	87	5,5	2,0	64,3	2,6	6,9	2,0	3,4
Parao	9553	105	83	3,5	2,0	65,4	6,3	6,9	2,1	3,2
El Paso 144	9232	107	88	5,3	2,4	65,2	3,9	6,7	2,1	3,2
INIA Tacuarí	8379	98	87	4,1	2,8	66,4	4,3	6,4	2,0	3,2

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

CONCLUSIONES

Dentro del grupo de materiales evaluados se destaca L12139, L1240 y L1248. Todas líneas hermanas, de tipo *japónica* tropical largo fino, con productividad consistentemente superior a INIA Tacuarí. Dichos materiales poseen buenas características agronómicas especialmente en relación con tipo de plantas con panojas menos expuestas, con la ventaja que esto conlleva en referencia a daños de pájaro. En cuanto a calidad molinera tanto yeso como entero no presentan problemas e incluso algunas líneas con yeso levemente por debajo de INIA Tacuarí. Dentro del programa se va a continuar con estos materiales a una etapa de validación pre comercial donde está planteado realizar ensayos en faja en predios de productos para la zafra venidera.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, P.; Molina, F; Martínez, S.; Carracelas G.; Vargas J.; Villalba M.; Escalante F. 2017. Evaluación avanzada de cultivares de calidad americana. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. Eds. Arroz 2017. Montevideo: INIA, 2017. p. 18-20. (INIA Serie Técnica; 233)

Blanco, P.; Molina, F; Martínez, S.; Carracelas G., Vargas J., Villalba M., Escalante F. 2016. Evaluación avanzada de cultivares de calidad americana - E5 y E4 In: Arroz, Resultados Experimentales 2015-16, INIA Treinta y Tres. Cap. 3 p. 22-24. (Serie Actividades de Difusión 765)

Marchesi, C. 2020. Resultados de la Red de Evaluación de Cultivares de Arroz. Zafra 2019-2020. INASE-INIA, INIA Tacuarembó, Uruguay

INIA MERÍN: ¿CUÁNDO SEMBRAR PARA MAXIMIZAR SU POTENCIAL?

F. Pérez de Vida¹

PALABRAS CLAVE: potencial de rendimiento, reacción a *Pyricularia*

INTRODUCCIÓN

El cultivar INIA Merín es una variedad con un breve -pero muy efectivo- tiempo en el cultivo comercial; desde su liberación en 2015 ha tenido un sostenido crecimiento en el área de siembra, hasta posicionarse en la zafra 2019-2020 como la variedad más cultivada en el país (F. Molina, 2020 com. pers). Su distribución ha sido relativamente homogénea en las regiones arroceras a pesar de su largo ciclo total que podría implicar alguna restricción en zonas con ventanas de siembra más acotada (por ej. en región Este). Sin embargo, dado su alto potencial de rendimiento, -y en aras de- se han realizado importantes esfuerzos por los productores en realizar su siembra de modo temprano como ha sido la recomendación general realizada para su manejo.

A medida que la información de productividad a nivel comercial se ha ido generando, se logra una importante retroalimentación de esta con la información experimental, dándose así una interesante oportunidad de complementar dichos enfoques y análisis, el

experimental y el resultante de la práctica agronómica.

En este reporte se presenta información acerca de INIA Merín y su respuesta a fechas de siembra en tres escenarios: a) resumen de la información en la zafra 2019-2020 aportada por las empresas agroindustriales en el XVI Taller de Evaluación de Zafra (INIA, Junio 2020), b) información comercial de chacras de la empresa SAMAN en las últimas tres zafras, y c) información experimental generada en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres en 10 años de ensayos.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Resumen de áreas comerciales de INIA Merín, zafra 2019-2020. Como se aprecia en cuadro 1, en algunas empresas, INIA Merín hizo una importante contribución al rendimiento promedio de las mismas, en función de su alto potencial; esto se debió en parte a su priorización en fecha de siembra. Por ejemplo, en Arrozal 33 donde el 100% del área de INIA Merín se realizó en el mes de octubre su productividad superó las 200 bs/ha.

¹ Ing. Agr. MSc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

Cuadro 1. Porcentaje del área de siembra y rendimientos con INIA Merín por Empresas Industriales, zafra 2019-2020.

Empresa	%	Merín Rend (bs/ha SSL)	Promedio Rend (bs/ha SSL)
Arrozal 33	20%	204	173
Coopar	40%	171	157
Casarone	17%	180	171
Dambo	24%	168	159
Glencore	20,5%	161	162
SAMAN	33,5%	189	177
Promedio Nacional		182	170*

*Promedio incluye a INIA Merin; bs/ha= bolsas de 50 kg/ha, SSL=arroz sano, seco y limpio.

De igual manera fue la expresión del rendimiento en chacras de COOPAR y CASARONE que fueron sembradas en fin de setiembre y octubre, incluyendo áreas establecidas en los primeros días de noviembre (Cuadro 2). En siembras tempranas y

considerando emergencias de 7-10 días posteriores, se lograron rendimientos en el rango 180-200 bs SSL/ha. El potencial de la variedad se vio resentido con siembras (y emergencias) tardías en el Este del país (Rocha).

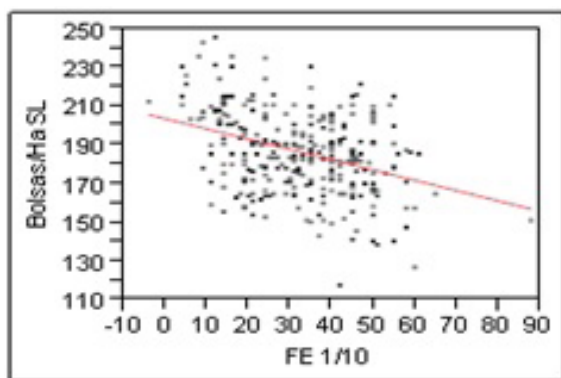
Cuadro 2. Avances acumulativos de siembra de INIA Merín según empresas, por quincena, desde 2da de setiembre a 1era de diciembre, zafra 2019-2020.

Empresa		2da set.	1er oct.	2d oct.	1er nov.	2da nov.	1er dic.
Arrozal33	%Área de siembra		59	100			
	Rend (bs/ha)		208	198			
	Área total		1400 ha	204 bs/ha	promedio		
Coopar	%Área de siembra	25	38	65	91		
	Rend (bs/ha)	201		182			
	150						
	Área total		7154 ha	171 bs/ha			
Casarone	%Área de siembra			85*		100*	
	Rend (bs/ha)			183			
	Área total		2450 ha	180 bs/ha			

*=porcentaje de área con emergencia por periodos.

En términos generales, y en una zafra con condiciones excelentes para la expresión de altos rendimientos (datos no mostrados), INIA Merín, ubicada en siembras tempranas (mes de octubre, inicios de noviembre) alcanzó muy altos rendimientos en una importante área comercial. En la región norte, por su parte, los rendimientos se vieron menos afectados por la fecha de siembra obteniéndose en promedio para la empresa SAMAN una productividad en torno a las 200 bolsas/ha (datos no mostrados).

Información de áreas comerciales de INIA Merín en SAMAN, zafras 2017-2018 a 2019-2020. En base a información colectada por los equipos técnicos de SAMAN en las últimas 3 zafras, contabilizándose aproximadamente 330 chacras, abarcando unas 30.000 ha acumuladas, se reporta un análisis de la respuesta de este cultivar a fechas de establecimiento (emergencia). Las áreas están distribuidas por las tres regiones principales de producción, pero aprox. el 70% de los datos corresponden a la región Este.



Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	203, 2	2,652	76,61	<.0001*
FE 1/10	-0,524	0,0763	-6,87	<.0001*

Figura 1. Rendimiento de INIA Merín según fecha de emergencia (días después de 1ero de Octubre) en 330 chacras comerciales de empresa SAMAN, en zafras 2017-2018 a 2019-2020.

El rendimiento de INIA Merín presentó variaciones con la fecha de siembra acorde al modelo lineal ($R^2=0,75^{**}$) en figura 1, comprendiendo emergencias en los meses de octubre y noviembre. Como esperable, la productividad se maximiza en fechas de siembras tempranas (200 bolsas/ha), presentando una reducción con el retraso de la emergencia, del orden de aprox. 25 kg/ha/día (valor $b=0,52$ bs/ha/día).

Los valores absolutos del parámetro b, es indicativo de la importancia relativa de cada variable.

Estos resultados, son representativos mayoritariamente de las condiciones al Este del país; el análisis del subconjunto de datos de chacras al norte del Río Negro resulta no significativo para estas variables (datos no mostrados).

En un modelo adicional, aditivo, la pérdida de potencial de rendimiento podría resultar de una mayor magnitud si al atraso en fecha de emergencia se suma una demora en el ingreso de la lámina definitiva de riego; en esos casos la reducción del potencial se estimaría en aprox. al 90% de una bolsa de arroz/ha/día. El modelo estimado ($R^2=0,86$) presenta valores b parciales de $-0,63$ ($P=0,001$) y $-0,24$ ($P=0,087+$), para “fecha de emergencia” y “días de secano”, respectivamente.

Resultados experimentales en UEPL, zafras 2010-2011 a 2019-2020. El ajuste de datos experimentales obtenidos en UEPL, explorando un amplio abanico de fechas de siembra (inicios de octubre a diciembre) indica que la caída del rendimiento por atraso en la siembra significará en torno a 1 bolsa/ha/día para un primer tramo de la ventana de siembra, haciéndose de mayor magnitud hacia el final de la ventana de siembra ($y=10878 - 54,4x - 185x^2$, $R^2=0,71^{***}$) (Figura 2A).

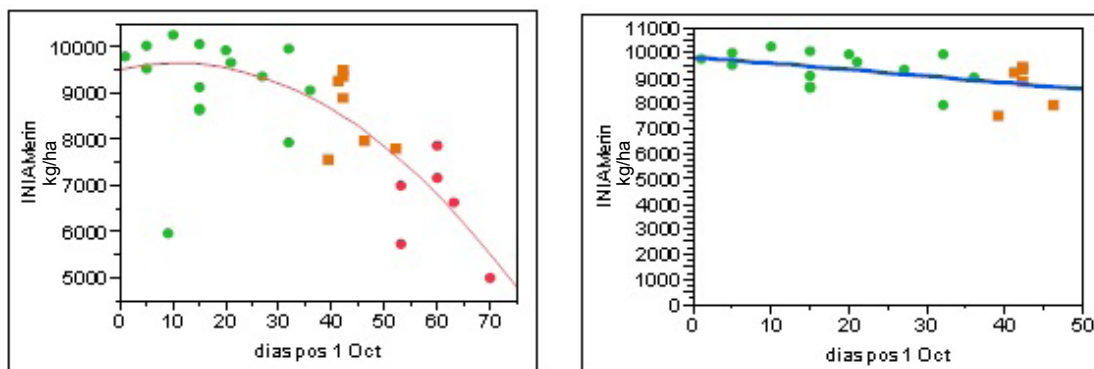


Figura 2. Rendimiento de INIA Merín según fecha de emergencia (días después de 1ero de octubre) en ensayos experimentales de Evaluación Final (Programa de Mejoramiento Genético) en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres. Zafra 2010-2011 a 2019-2020.

Sin embargo, considerando un rango de fechas de siembra con mayor sentido práctico (desde 0 a 45 días pos-1ero de octubre), la pérdida de potencial de INIA Merín resultó estimado en 0,25 bolsas/ha/día ($y=9890-25,4x$, $R^2=0,35$, $P=0,0342^*$) (figura 2B). Este resultado sería indicativo que en las condiciones del Este del país se podría obtener un alto porcentaje del potencial de la variedad mientras es sembrada en el mes de octubre, así como en la primera semana de noviembre. En ese periodo de noviembre bajo condiciones de humedad en el suelo que permita una rápida emergencia (aprox. 7 días), sería esperable que la floración transcurra a mediados del mes de febrero, en condiciones de bajo riesgo de estrés por bajas temperaturas en pre-floración. La reducción relativa de rendimiento en esos casos de siembra más tardía sería asociada a menores recursos ambientales disponibles (radiación incidente) en momentos de alta demanda del cultivo.

A posteriori de mediados de noviembre, la siembra de esta variedad tendría resultados productivos más alejados de sus óptimos con reducciones a tasas aprox. a los 100 kg/ha/día según el modelo $y=11555-101,7x$, ($R^2=0,598^{**}$) estimado de la misma base de datos (fechas de siembra 15 nov-15 de diciembre).

CONCLUSIONES

El aprovechamiento del potencial productivo de INIA Merín -cultivar de ciclo largo- se relaciona a la adecuada disponibilidad de factores ambientales, entre los cuales la máxima captura de la radiación incidente y la ausencia de factores de estrés -por ej. bajas temperaturas- son de primera importancia. A través de la fecha de siembra podemos de manera estimativa incidir sobre la ocurrencia de esos factores estrechamente asociados a la productividad. Mediante la siembra temprana -el mes de octubre en la región Este- se espera ajustar de modo óptimo los requerimientos del cultivo y la oferta ambiental, en particular la cosecha de aprox. 9 $\text{mj/m}^2/\text{día}$ de radiación (PAR) durante período pre y pos-floración. Este concepto aplicable al universo de cultivares, es especialmente importante en cultivares de muy alto potencial como INIA Merín. Sin embargo, siembras más tardías -hasta la 1er década de noviembre- permitirían obtener rendimientos no en niveles óptimos, pero aun adecuados; por ejemplo en siembras luego de 40 días a-posteriori del 1 de octubre, se esperaría la pérdida de una 1 t/ha, con un rendimiento estimado de 9 t/ha.

NUEVO CULTIVAR PROMISORIO: SLI09197 ALTA PRODUCTIVIDAD y RESISTENCIA A *PYRICULARIA*

F. Pérez de Vida¹

PALABRAS CLAVE: potencial de rendimiento, reacción a *Pyricularia*

INTRODUCCIÓN

El cultivar SLI09197 (INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P) es un cultivar *índica* de granos largo:fino del Programa de Mejoramiento de INIA, que ha sido evaluado desde la zafra 2009-2010 hasta 2012-2013 en ensayos internos (estadios 1 a 3) en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres (UEPL) y desde la zafra 2013-2014 en ensayos de "Evaluación Final" incluyendo distintas fechas de siembra en UEPL y localizaciones (Tacuarembó y Artigas), y ensayos de fajas en diferentes regiones, así como en "Red Nacional de Evaluación de Cultivares" (INIA/INASE, zafras 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016). En todos los casos se ha destacado por su productividad y resistencia a *Pyricularia*.

En 2016, 2017, 2018 y 2019 se publicaron resultados experimentales de SLI09197 (Serie Actividades de Difusión INIA N° 765, Serie Técnica, números 233, 246 y 250, respectivamente) relativas a su productividad en ensayos en fajas en 3 años en diferentes regiones del país, acerca de resultados en la serie histórica de ensayos internos del programa de mejoramiento genético de INIA (n=50 experimentos), así como estudios de la curva de crecimiento en comparación con

INIA Merín en el marco de un ensayo que evaluaba en un diseño factorial, densidades de siembra y fertilización nitrogenada. En el último año (agosto 2019) se reportaba su comportamiento productivo en áreas comerciales de baja escala (etapa de Validación Comercial). En la zafra 2019-2020, este cultivar alcanzó un área mayor (aprox. 400 ha) en la mencionada etapa, en el último año de su evaluación; mientras tanto, a nivel experimental se completó una serie de 70 ensayos con este cultivar. De este modo, en este artículo se reportan los resultados de dicha serie de experimentos, así como su respuesta a fecha de siembra en 10 años de experimentos.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La línea SLI09197 es un cultivar de ciclo completo, similar a INIA Merín, con un ciclo a floración entorno a los 100 días (periodo emergencia a 50% de floración) en condiciones de la región Este del país (datos de la Unidad Experimental Paso de la Laguna, Treinta y Tres). En cuadro 1, con mayor número de ensayos en región Este, respecto a otras regiones arroceras del país, la productividad y calidad de SLI09197 resulta similar a INIA Merín -con excepción en porcentaje de blanco total y grano entero parámetros en los que INIA Merín se ha destacado-

¹ Ing. Agr. MSc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

Cuadro 1. Reacción a *Pyricularia*, Ciclo a Floración, Rendimiento, Parámetros de calidad molinera y dimensiones de granos en SLI09197 y variedades comerciales. Serie 2009-2010-2019-2020, n=70 ensayos.

Cultivar	Pyri	DSF (días)	Rend (t/ha)	BT(%)	ENT(%)	YES(%)	L:A
El Paso 144	HS	106	B	9,5	C	68,8	B
INIA Merín	HR	109	A	10,2	A	70,6	A
SLI09197	HR	107	AB	10,3	A	68,9	B
INIA Olimar	HS	101	C	9,7	B	68,2	C
SLI09193	HR	100	C	9,7	B	68,3	C

La regresión de rendimiento en función de fechas de siembra en condiciones del Este del país (UEPL) muestra una disminución de la productividad con el atraso de la siembra; el valor de caída en rendimiento es de 56 kg/ha/día a posteriori del 1° de octubre,

incluyendo siembras tardías de inicios de diciembre. En siembras tempranas se consigue la mayor exploración de su potencial, con valores aproximados a los 11000 kg/ha según el modelo estadístico resultante (figura 1A).

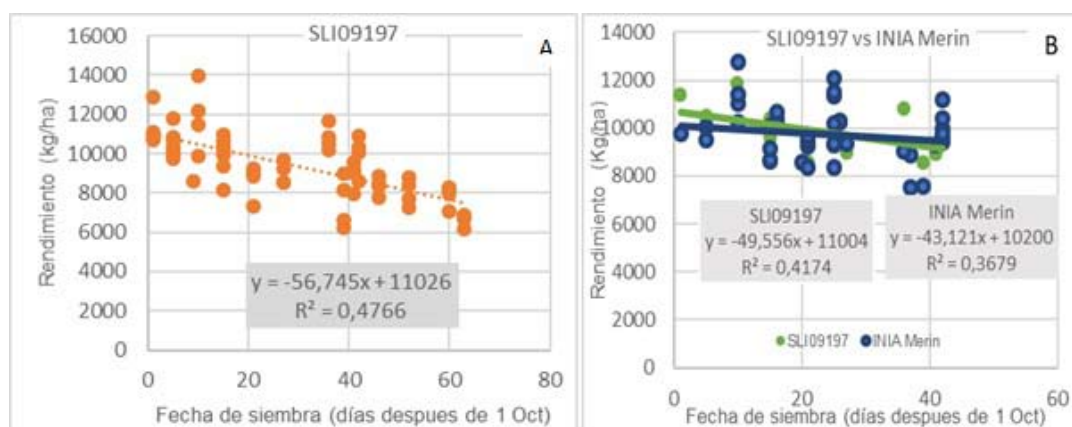


Figura 1. Rendimiento (kg/ha) según fecha de siembra a partir de 1° de octubre (día 0) en A) SLI09197 en octubre, noviembre y diciembre, B) SLI09197 e INIA Merín (período 1° de octubre a 15 de noviembre).

Considerando el periodo de siembra con mayor aplicabilidad práctica para la región Este -desde inicios de octubre a mediados de noviembre- la caída en potencial es similar a la esperable en INIA Merín, en torno a 50 kg/ha/día (valor b en ecuación en el gráfico). Particularmente, en el comienzo de ese periodo SLI09197 presentaría mayor productividad que INIA Merín (Figura 1B).

En fechas de siembras más tardías (segunda quincena de noviembre y posteriores) es esperable una pérdida mayor de su potencial productivo, a una tasa próxima a los 100 kg/ha/día, por lo tanto -particularmente para la región Este del país -no se recomendaría para esas condiciones de siembra-, como sería esperable para un cultivar de ciclo largo.

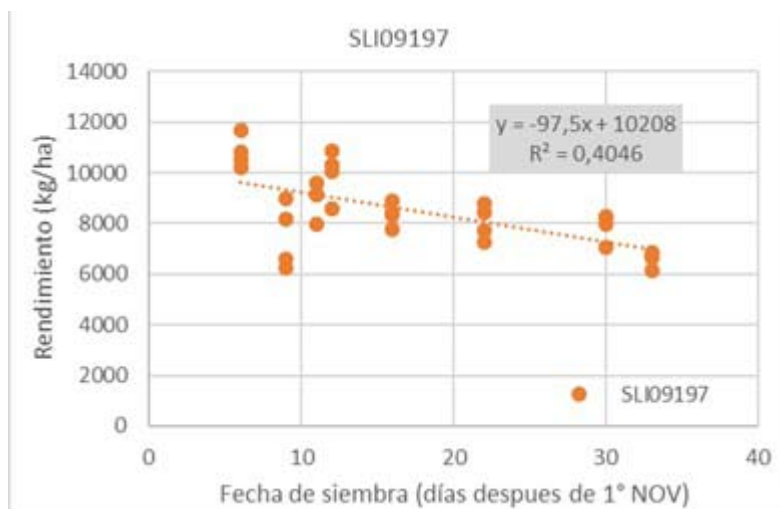


Figura 2. Rendimiento (kg/ha) según fecha de siembra a partir de 1° de Noviembre (día 0) en SLI09197

La expresión de su alto potencial dependerá de un establecimiento temprano en la ventana de siembra. La tolerancia a bajas temperaturas (Cuadro 2), cuantificada en condiciones de laboratorio, en estado de germinación resulta ser la más destacada dentro del grupo de cultivares evaluado; así mismo, en estado vegetativo (plántula) es de mayor tolerancia a variedades como El Paso 144 e INIA Merín (M. Cruz, FLAR 2019). El resultado presentado en figura 1 (A y B), y adicionalmente la información en el cuadro mencionado, indicaría la mayor adaptación de este cultivar a siembras tempranas -posiblemente extrapolable hacia el final del mes de septiembre. Sin

embargo, aún no se dispone de suficiente información de campo confirmatoria de estos resultados.

Por otra parte, los resultados obtenidos en la fase de validación comercial con SLI09197 en las zafas anteriores, en particular en 2018-2019 (Pérez de Vida, 2019) indican una alta expresión de su potencial en zonas norte del país. En la zafa 2019-2020 se obtuvieron resultados que se presentan en cuadro 3. En la zona norte se obtuvieron muy altos rendimientos superando a INIA Merín en hasta 29 bolsas por hectárea, mientras que en el Este (Arrozal 33) se obtuvieron rendimientos similares a aquella variedad.

Cuadro 2. Tolerancia a bajas temperaturas en condiciones controladas, % de germinación y escala visual en estado vegetativo (M. Cruz, FLAR 2019).

Cultivar	%Emerg	Plántula
SLI09197	41	3,7
El Paso 144	37,1	6,3
Gurí CL	28,6	4,3
INIA Merín	6,7	5
INIA Tacuarí	1,9	3
INIA Olimar	1	3

Cuadro 3. Productividad de SLI09197 en chacras de Validación Comercial y variedad principal comercial INIA Merín, zafra 2019-2020.

Empresas:	Bubel	Redovi	Pinczak	Coe Pora	Arrozal 33
SLI09197					
Fecha de emergencia	20-Oct	11-Nov	27-set	16-Oct	15-Oct
Urea (Mac+Prim) (kg/ha)	150+50	150+50	150+50	120+50	100+50
Fecha de inicio de riego	1-Dic	28-Nov	1-Nov	5-Nov	-
Rendimiento (bs/ha)	196	220	241	232	207
INIA Merín					
Fecha de emergencia	20-Oct	11-Nov	27-set	16-Oct	15-Oct
Urea (Mac+Prim) (kg/ha)	150+50	150+50	150+50	120+50	100+50
Fecha de inicio de riego	1-Dic	28-Nov	1-Nov	5-Nov	-
Rendimiento (bs/ha)	197	206	212	215	204
Dif Rendimiento (bs/ha)	-1	14	29	17	3

La línea SLI09197 es un cultivar de amplio macollaje que desarrolla temprano una canopia de alto IAF, alcanzando en situaciones de alto rendimiento en torno a 600-650 panículas por m²; esta estructura foliar, similar a INIA Merín, se mantiene “staygreen” durante gran parte del periodo de llenado de granos, confiriendo una maduración lenta. La acumulación de biomasa a floración es un componente importante en la definición de altos rendimientos (Pérez de Vida y Mesones 2017).

BIBLIOGRAFÍA

- Pérez De Vida, F.** 2019. Cultivares promisorios en validación comercial. In: Terra, J. A.; Martínez, S.; Saravia, H. Eds. Arroz 2019. Montevideo: INIA, 2019. p. 57-60. (INIA Serie Técnica; 250)
- Pérez De Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas J.** 2018. SLI09197: Cultivar de alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. Eds. Arroz 2018. Montevideo: INIA, 2018. p. 11-13. (INIA Serie Técnica; 246)
- Pérez De Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas J.** 2017 Cultivares promisorios de alta productividad y resistencia a *Pyricularia*: SLI09197 y SLI14000. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. Eds. Arroz 2017. Montevideo: INIA, 2017. p. 5-7. (INIA Serie Técnica; 233)
- Pérez De Vida F., Mesones Hernández M.** 2017 Análisis de crecimiento en nuevos cultivares: Respuesta a Densidad y Fertilización Nitrogenada en INIA Merín y SLI09197. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Saravia, H. Eds. Arroz 2017. Montevideo: INIA, 2017. p.27-30. (INIA Serie Técnica; 233)
- Pérez De Vida, F.** 2016 Cultivar promisorio de alta productividad: SLI09197 Resultados en ensayos de fajas durante 3 zafras. In: Jornada Anual Arroz, 2016, INIA Treinta y Tres. Arroz: resultados experimentales 2015-2016. Treinta y Tres: INIA, 2016. cap. 3, p. 1-3. (INIA Serie Actividades de Difusión; 765)

INTERACCIÓN G*E: CALIDAD MOLINERA EN VARIEDADES COMERCIALES

F. Pérez de Vida¹, A. Billiris², M. López³

PALABRAS CLAVE: fechas de siembra, molino experimental McGill#2, molino experimental Satake

INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó en el marco del proyecto “Red tecnológica del arroz: articulando producción, calidad y mercados y potenciando la sinergia de la cadena agroindustrial”, de modo particular en el objetivo específico 4: “Profundizar el conocimiento de las relaciones entre el ambiente y el manejo del cultivo con la calidad final del grano de arroz”. Los análisis correspondientes fueron realizados por el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) acorde al protocolo definido para el proyecto. En este artículo se reporta la interacción de genética y ambiente sobre parámetros de calidad molinera a través de la incidencia de localización (2) y fechas de siembra (2) en un sitio experimental, en un total de tres zafras en 5 variedades comerciales. Las condiciones de producción representadas se corresponden con el 70% (Este) y 20% (Norte) del área comercial (localizaciones 1 y 2), así como de aprox. 80% (fechas de siembra 1 (tempranas: 1 Oct-10 Nov)) y 20% (fechas de siembra 2 (tardías: posteriores a 15 Nov)).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron muestras de arroz cosechadas en ensayos de Evaluación Final del programa de mejoramiento de INIA en diferentes ambientes de producción (Unidades Experi-

mentales Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres) y Paso de Farías (UEPF, Artigas)), así como fechas de siembra (Épocas 1 y 2, -mediados de octubre y mediados de noviembre-). Las condiciones de manejo fueron similares para todos los cultivares, realizándose la cosecha con humedad en el rango de 18-21%. Los ensayos fueron realizados en las zafras 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019. Los cultivares utilizados fueron las variedades comerciales: El Paso 144, INIA Tacuarí, INIA Olimar, Parao e INIA Merín.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Grado de molienda y mal elaborado. El procedimiento de molinado se ajustó de manera que todos los cultivares presentaran similar grado de molienda. El análisis de varianza indica que no hubo variación significativa entre cultivares respecto al grado de molienda y porcentaje de grano mal elaborado (datos no mostrados), lo cual asegura una estricta comparación en los siguientes parámetros:

% Blanco Total

Localidades. INIA Merín fue el cultivar con mayor % de Blanco Total (%BT) de modo significativo.

Acorde a sus antecedentes, este cultivar se destaca en este aspecto de calidad (Cuadro 1) superando en las condiciones de siembra temprana a los demás cultivares; sin embargo, la interacción con el ambiente (año) fue muy significativo (Figura 1).

¹ Ing. Agr. MSc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

² Ing. Alim. Ph.D. Laboratorio LATU/Latitud

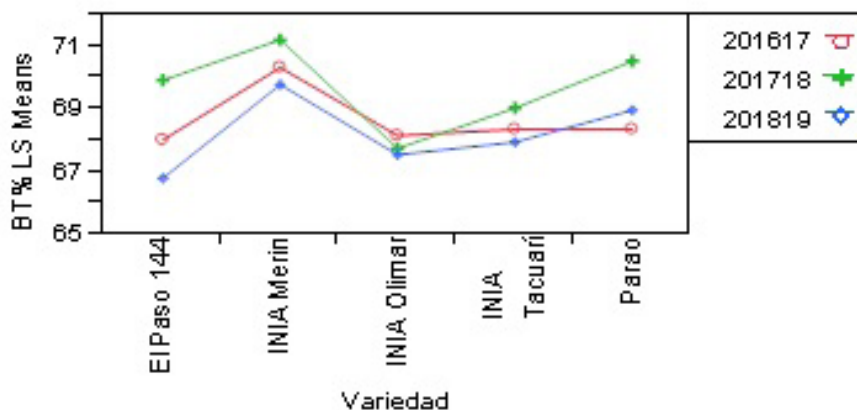
³ Ing. Alim., estudiante de MSc Laboratorio LATU/Latitud

Cuadro 1. Porcentaje de blanco total según cultivares

Cultivar		%BT
INIA Merín	A	70,3
INIA Tacuarí	B	68,3
Parao	B	68,3
INIA Olimar	B	68,1
El Paso 144	B	67,9

Dicha interacción resulta del cambio de ranking de las variedades según el año, aunque algunos cultivares tienden a mantener sus

valores; por ejemplo, INIA Olimar -con valores inferiores, acorde a sus antecedentes- resulta el más estable.

**Figura 1.** Porcentaje de Blanco Total en interacción cultivar*año, en fechas de siembra temprana (octubre).

Época de siembra. El %BT no presenta variaciones significativas relacionadas a fecha de siembra, así como tampoco es significativa la interacción "cultivar*fecha de siembra" (datos no mostrados); siendo INIA Merín el cultivar de mayor valor en este parámetro en todas las condiciones.

% Entero

Localidades. Las principales variaciones en porcentaje de granos enteros (%ENT) no son resultante de las variedades utilizadas

(diferencias no significativas al 5%) con valores medios en el rango de 61%-64%, las medias generales de cada cultivar obtenidas se ubican superando el valor mínimo (58%) exigido para no recibir reducción del precio. Sin embargo, presentaron importantes cambios de valores y ranking en los diferentes años (interacción significativa "cultivar*año", figura 2a), siendo los cultivares INIA Olimar y Parao los que presentan mayores variaciones. En el caso de Parao en la zafra 2018/19 resulta un valor inferior a 58%.

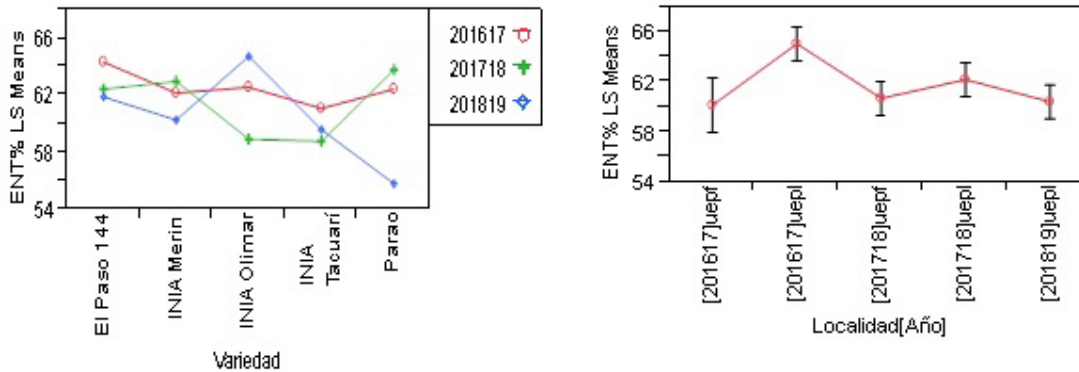


Figura 2. Porcentaje de grano entero (%ENT) a) según interacción de cultivares y años de evaluación b) interacción localidad y año.

Por otra parte, el %ENT varió significativamente en función de los ambientes generados en la combinación de años y localidades (Figura 1b). En particular en un mismo año (2016-2017), se constataron diferencias significativas entre las localidades estudiadas (UEPL y UEPF).

Época de siembra. En UEPL, las variaciones en fecha de siembra no afectaron el porcentaje de granos enteros en las variedades estudiadas (Época 1=63,5, Época 2=62,1, P=0,36ns); la interacción de esta variable con cultivares, resultó no significativa (P=0,07), aunque algunos cultivares presentaron cambios de magnitud entre Épocas 1 y 2 (por ej. INIA Merín 64,3 vs 56,9, respectivamente).

% Yesado

Localidades. El porcentaje de granos yesados (%YES) presentó en el factor “cultivar”

su mayor fuente de variación (P= 0.001), siendo INIA Olimar el cultivar con menor valor -de modo concordante a sus antecedentes-. Por otra parte, los cultivares *japónica* tropical INIA Tacuarí y Parao, junto a la *índica* INIA Merín presentaron los mayores registros (rango 5,1-4,5%, Cuadro 2). La incidencia de los ambientes resultantes de la combinación localidades y años no resultó en variaciones significativas en este parámetro.

Época de siembra. Considerando dos fechas de siembra en UEPL, los valores de %YES obtenidos no variaron significativamente (3.2 y 4.1, Épocas 1 y 2 respectivamente). En esta localidad, los valores menores resultan en INIA Olimar y El Paso 144. La interacción “cultivar*época de siembra” no resulta significativa (P=0,09) aunque -por ejemplo- los mencionados cultivares intercambian su posición en el ranking.

Cuadro 2 Porcentaje de granos yesados en cultivares

Cultivar			%YES
INIA Tacuarí	A		5,07
Parao	A		4,72
INIA Merín	A		4,53
El Paso 144	A	B	3,13
INIA Olimar		B	1,67

CONCLUSIONES

De modo general, se puede considerar a %BT como el parámetro de menor interacción con el ambiente; las variaciones entre cultivares resultan estables, en particular con INIA Merín como el genotipo de mayores valores en todos los ambientes, lo cual está acorde a sus antecedentes.

Por otra parte, el %ENT fue el componente de la calidad industrial que presentó mayores interacciones con el ambiente; posiblemente relacionado a procesos de humedecimiento y secado de los granos en el periodo previo a cosecha y variaciones en las condiciones ambientales (%humedad relativa). Por ejemplo, en la zafra 2019-2020 se reportaron importantes variaciones en el porcentaje de entero en lotes comerciales asociadas a las mencionadas variables ambientales (M. Marella, 2020 com. pers.). En estos parámetros, los resultados obtenidos según el protocolo establecido en el proyecto Red Tecnológica

que comprendió el uso de molinos experimentales Satake (piedra) y McGill#2 (fricción) en tándem, presentó resultados en general similares a los obtenidos en el programa de mejoramiento genético de arroz de INIA con el uso de molinos experimentales de piedra (Satake y recientemente Zaccarias).

El %YES es la resultante de características varietales que presentan interacción con el ambiente, aunque en los resultados obtenidos esta interacción fue de baja significación. Como es característico INIA Olimar es el cultivar de mejor apariencia de grano asociado a la baja incidencia de %YES; INIA Tacuarí y Parao presentan los mayores valores, mientras que INIA Merín y El Paso 144 resultan intermedios. En la amplia mayoría de los casos, los valores resultantes están comprendidos en los requeridos para la comercialización con balance positivo en penalización/bonificación y son consistentes a los antecedentes experimentales disponibles.

INTERACCIÓN G*E: PERFIL AMILOGRÁFICO EN VARIEDADES COMERCIALES

F. Pérez de Vida¹, A. Billiris², M. López³

PALABRAS CLAVE: calidad culinaria, fechas de siembra, Rapid Visco Analyzer

Treinta y Tres), en 2 zafras en 5 variedades comerciales.

INTRODUCCIÓN

El estudio se realizó en el marco del proyecto “Red tecnológica del arroz: articulando producción, calidad y mercados y potenciando la sinergia de la cadena agroindustrial”, de modo particular en el objetivo específico 4: “Profundizar el conocimiento de las relaciones entre el ambiente y el manejo del cultivo con la calidad final del grano de arroz”. Los análisis correspondientes fueron realizados por el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) acorde al protocolo definido para el mencionado proyecto con un Rapid Visco Analyzer (RVA, Perten). Los parámetros evaluados con el RVA se relacionan a aspectos del comportamiento culinario del almidón de las muestras y tienen correlación con atributos sensoriales como pegajosidad, brillo, integridad de grano y elasticidad. En este artículo se reporta la interacción de genética y ambiente sobre parámetros de calidad culinaria a través de la incidencia de fechas de siembra (2) en un sitio experimental (Unidad Experimental Paso de la Laguna, INIA

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron muestras de arroz cosechadas en ensayos de Evaluación Final en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres) en fechas de siembra (Épocas 1 y 2, -mediados de octubre y mediados de noviembre-, respectivamente). Las condiciones de manejo fueron similares para todos los cultivares, realizándose la cosecha con humedad en el rango de 18-21%. Los ensayos fueron realizados en las zafras 2016-2017 y 2017-2018. Los cultivares utilizados fueron las variedades comerciales: EL Paso 144, INIA Tacuarí, INIA Olimar, Parao e INIA Merín. Se evaluaron los parámetros descriptos en figura 1, que representa la evolución de la viscosidad en una pasta de arroz, resultante de un ciclo de calentamiento creciente hasta la temperatura pico (95°C) de la pasta, su mantenimiento y posterior enfriamiento gradual (líneas punteadas en figura 1). Estos parámetros se relacionan a aspectos del comportamiento culinario del almidón de las muestras.

¹ Ing. Agr. MSc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

² Ing. Alim. Ph.D. Laboratorio LATU/Latitud

³ Ing. Alim., estudiante de MSc Laboratorio LATU/Latitud

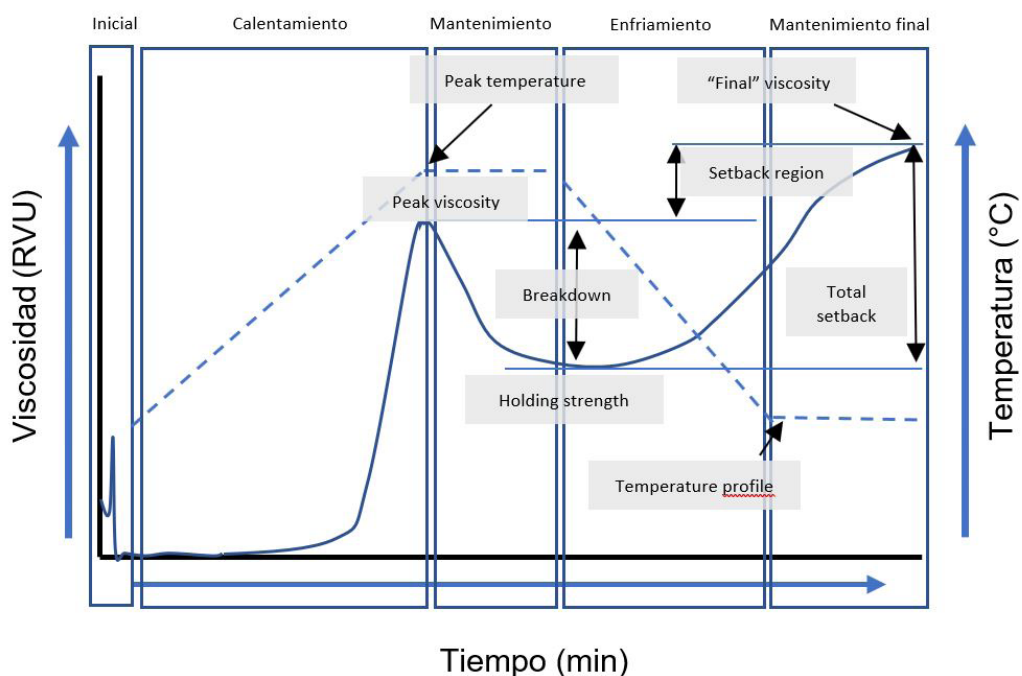


Figura 1. Variaciones en viscosidad de una pasta de arroz sometida a rotación mediante paletas durante un ciclo de calentamiento y enfriado (total 19 minutos).

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Cuadro 1. Parámetros de la curva de viscosidad en RVA Perten para 5 variedades comerciales en 2 años, UEPL, INIA Treinta y Tres. (unidades cP)

Cultivar	Peak (cp)		Trough (cp)		Break-down (cp)		Final Viscosity (cp)		Setback (cp)	
El Paso 144	1959	B	1533	B	341	B	3012	B	1138	B
INIA Merín	1816	B	1464	B	315	B	2866	B	1087	B
INIA Olimar	2258	A	1680	A	417	B	3516	A	1419	A
INIA Tacuarí	2302	A	1248	C	976	A	2651	C	427	C
Parao	2103	A B	925	D	1113	A	2177	D	139	D
Source	Prob > F		Prob > F		Prob > F		Prob > F		Prob > F	
Cultivar	0,002		<,0001		<,0001		<,0001		<,0001	
rep[Epoca]	0,194		0,1564		0,7991		0,0789		0,6529	
Epoca	0,129		0,1441		0,3866		0,0431		0,9077	
Cultiv*Epoc	0,719		0,2117		0,2811		0,5074		0,943	
Año	0,001		0,0662		0,0025		0,1891		<,0001	
Año*Cultiv	0,258		0,0325		0,7335		0,1197		0,2804	

En términos generales, las interacciones de “cultivar*año” fueron no significativas, indicando una baja incidencia de los factores ambientales. La excepción la constituye el parámetro “trough” en la que se registra una interacción significativa “año*cultivar” ($P=0.0325$). En la medida que ambos sets de ensayos se realizaron en la misma Unidad Experimental, en años sucesivos con similar manejo agronómico, se asume que el “efecto año” se debe principalmente a variaciones climáticas que incidirían en la consolidación del almidón en cada zafra. En similar sentido, se puede caracterizar como de no significativa la interacción “cultivar*época de

siembra”, lo que indicaría una relativa estabilidad de estas características en relación con las variaciones climáticas que enfrentaron los cultivares en siembras tempranas (octubre, época 1) vs. tardías (mediados de noviembre, época 2).

Peak

INIA Olimar e INIA Tacuarí fueron los cultivares con mayores valores de viscosidad pico –parámetro positivamente relacionado a la integridad del grano cocido-, mientras que El Paso 144 e INIA Merín presentaron los menores ($P=0,001$) (Cuadro 1 y Figura 2).

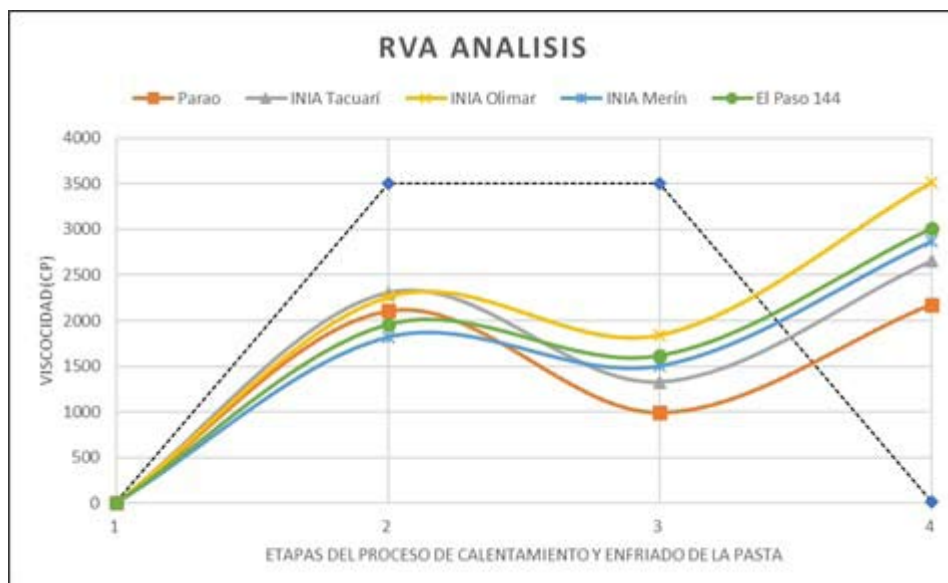


Figura 2. Valores de Viscosidad en unidades cP (coordenada y): Pico (Peak, en coordenada x, $x=2$), viscosidad Hold (trough $x=3$) y final (Final Viscosity, $x=4$) en cultivares evaluados. (La línea punteada representa la evolución de la temperatura de la pasta (max 95°C, eje z no representado)).

Trough

En este estadio los cultivares *indica* (INIA Olimar, El Paso 144 e INIA Merín) presentan valores superiores de viscosidad respecto a los cultivares *japónica* tropical (INIA Tacuarí y Parao).

Breakdown

Este parámetro evalúa la diferencia entre la viscosidad pico (máxima alcanzada en el calentamiento hasta 95°C) y la viscosidad en trough en etapa de calentamiento antes del

enfriamiento de la pasta de arroz. El pico de viscosidad es alcanzado cuando los gránulos de almidón se hidratan completamente adquiriendo mayor volumen hasta el punto de colapsar (Shafie, 2016); a partir de ese momento la viscosidad de la pasta se reduce hasta el valor hold o trough. Los cultivares *japónica* (INIA Tacuarí y Parao) presentan los valores mayores de breakdown (Cuadro 1), por lo cual presentarían mayor brillo como arroz cocido.

Viscosidad final

Resultante del enfriamiento, comienza a darse un reagrupamiento de las moléculas de amilosa y amilopectina lo cual incrementa el tamaño de las partículas de la pasta y por ende impone una mayor resistencia a la rotación que se cuantifica como un incremento de la viscosidad (Shafie, 2016). La viscosidad final es el parámetro más utilizado para definir la calidad particular de un producto, dado que indica la capacidad del material para formar una pasta viscosa o gel después de la cocción y enfriamiento. En el grupo de cultivares evaluados los valores extremos registrados corresponden a INIA Olimar (max=3516) y Parao (min=2177) (dif. significativas $P=0,001$). En este, al igual que en los demás parámetros de viscosidad INIA Merín no se diferencia de El Paso 144, indicando una retrogradación intermedia en este grupo de cultivares.

Setback

La re-asociación entre las moléculas de almidón durante el enfriamiento se conoce comúnmente como el "setback". Se trata de la retrogradación o reordenación de las moléculas de almidón, y se ha correlacionado con la textura de diversos productos. El valor de setback es estimado por la diferencia entre viscosidad pico y final, representando la capacidad de retener agua por parte de las moléculas de almidón, así como resultara en una cocción menos pegajosa y más elástica. En el grupo de cultivares evaluados los valores extremos registrados corresponden a INIA Olimar (1419) y Parao (139) (dif. significativas $P=0,001$, Cuadro 1).

CONCLUSIONES

En los parámetros del RVA evaluados se apreciaron diferencias muy significativas entre las variedades comerciales; por otra parte, se aprecia una baja interacción de

"genotipo*ambiente". Para la mayoría de las variables, las interacciones de "cultivar" con "año" o "época de siembra" fueron no significativas, indicando un escaso efecto sobre las propiedades funcionales. Por lo tanto, dada la relación de estos parámetros con las características culinarias, no se esperarían grandes cambios en el ranking de los aspectos sensoriales de los cultivares entre años o fechas de siembra.

Los perfiles de viscosidad de los cultivares se diferencian en la mayoría de los parámetros evaluados, con la excepción de El Paso 144 e INIA Merín, cuyas diferencias no son estadísticamente significativas en todos los casos. Particularmente, en Breakdown se aprecian similitudes entre cultivares asociadas al subtipo al que se corresponden *-índicas* (INIA Olimar, El Paso 144 e INIA Merín, sin diferencias estadísticas significativas entre ellos) vs japónicas tropical (INIA Tacuarí y Parao). INIA Olimar se diferencia de las restantes *índicas* en su Viscosidad Pico, Final y Setback, presentando valores superiores en todos los parámetros. Por otra parte, Parao presenta los menores valores de Trough, Viscosidad final, setback y -junto a INIA Tacuarí- los mayores valores de Breakdown, representando un importante colapso de los gránulos de almidón en el calentamiento, y baja retrogradación de estos durante el enfriado de la pasta.

BIBLIOGRAFÍA

Juliano B. 1996. Rice quality screening with the Rapid Visco Analyser, Applications of the Rapid Visco Analyser. Proc RVA Symposium. IIRI.

Shafie, B., Cheng, S. C. Lee, H. H. and Yiu, P. H. 2016 Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. *International Food Research Journal* 23(5): 2138-2143.

INTERACCIÓN G*E: EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES INDICA EN LOCALIDADES

F. Pérez de Vida¹, G. Carracelas², J. Vargas³

PALABRAS CLAVE: calidad molinera, rendimiento, resistencia a *Pyricularia*

INTRODUCCIÓN

La etapa de Evaluación Final de Cultivares es la culminante en el flujo de germoplasma en el proyecto de Mejoramiento Genético de INIA. El conjunto del material genético se dispone en un formato piramidal en el cual es evaluado y seleccionado durante 3-4 años; al final de ese período, se conforma un grupo de cultivares élite -dada su saliente performance-. Al igual que en años precedentes, se realizó en la zafra 2019-2020 la evaluación agronómica, molinera y culinaria del grupo de cultivares élite en ambientes representativos de las principales regiones arroceras del país. Se realizaron ensayos en las Unidades Experimentales de Paso de la Laguna (UEPL, Treinta y Tres), en Pueblo del Barro (UETbó, Tacuarembó) y Paso de Farías (UEPF, Artigas). De esta manera se valora la interacción de genotipos y ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación comprendió un ensayo en UEPL, sembrado el 10/10/2019 sobre un retorno de pradera sembrada de 3er año, en un suelo sobre la Unidad La Charqueada; al igual que en los demás sitios la fertilización basal, acorde al análisis de suelo, fue de 18 kg/ha de nitrógeno y 36 kg/ha de P₂O₅. La nutrición se completó con 74 kg/ha de N en macollaje (29/11) (100 kg de urea verde en

seco) más primordio (21/12) (60 kg de urea blanca). El control de malezas se realizó con una mezcla cuádruple (Clomazone 0,6, Glifosato 3,5 lt/ha). La lámina de riego se estableció de modo permanente el 2/12.

En UETbó se sembró el 30/09/19 sobre un retorno de 4 años con pradera, en un suelo de la unidad Yaguarí. Se realizó una fertilización basal con 10 kg/ha N, 50 kg/ha P₂O₅, 122 kg/ha de K₂O, 4 kg/ha de S y complemento de zinc. Se completó la fertilización con 69 kg/ha de N en macollaje (15/11) y 32 kg/ha de N en primordio (12/12). La aplicación de herbicidas se hizo pre-emergente el 8/10 (glifosato + clomazone + pyrazosulfuron, (2, 0,7 lt/ha, 0,04 g/ha respectivamente)); y post emergente (penoxsulam +fluroxipyr +clomazone (0,5+0,7 lt/ha).

En UEPF se sembró el 27/09/19 en un suelo sobre la unidad Itapebí Tres Arboles, en un retorno de 3er año sin pradera; con una fertilización basal de 3 kg/ha N, 15 kg P₂O₅/ha, 36 kg K₂O/ha y 1 kg/ha de S. Luego se agregaron en cobertura 35 y 37 kg/ha de N en macollaje (11/11) y primordio (6/12), respectivamente. Se aplicaron herbicidas pre-emergentes (glifosato + clomazone, 3,0, 1,0 lt/ha) y post-emergentes (penoxsulam-cyahalofop +clomazone, 0,2, 1,2, 0,7 lt/ha). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con 4 repeticiones en UEPL y 3 repeticiones en UETbó y UEPF. La unidad experimental fue la parcela de 6 hileras de 4 m, siendo el área de cosecha de 2,4 m².

¹ Ing. Agr. MSc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

² Ing. Agr. M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

³ Téc. Agrop.en Arroz y Pasturas. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, INIA.

Junto a las Líneas Experimentales (LEs) élites se evalúan como testigos las variedades INIA de mayor uso actualmente, El Paso 144 (EP144), INIA Olimar (Olimar), e INIA Merín (Merín). En este reporte se presentan los resultados de un grupo de cultivares del subtipo *indica*: LEs obtenidas en cruzamientos locales como SLI09193, SLI09197 (líneas hermanas INIA Cuaró/FL00144-1P-24-1P), SLI13635 (INIA Olimar/FL5090), SLI13352A2 (aromática, (F1(Domsiah/Olimar)/L2908)), SLI16172 (Olimar/IR64//Olimar), SLI16242, SLI16262, SLI16270 y SLI16277 (líneas hermanas, EP144/DIF//Olimar///IR64///Oli-

mar); y LEs seleccionadas de poblaciones FLAR: SLF16007, SLF16009, SLF16062 y SLF16126.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los rendimientos obtenidos en esta serie de experimentos en la zafra 2019-2020 con una media general de 12 t/ha, superaron en más de 3 t/ha el rendimiento medio nacional. Particularmente altos fueron los registrados en UETbó con una media superior a las 14 t/ha.

Cuadro 1. Rendimiento general y por localidad, ciclo a floración (UEPL) y ranking de cultivares por localidad.

Cultivar	Rend (kg/ha)	UEPF	UEPL	UETBO	días a 50FI	UEPF	UEPL	UETBO
SLI16242	13370	11887	11909	16314	122	SLI16242	SLF16007	SLI09197
SLI09197	13189	10955	12276	16337	124	SLI13635	SLI09193	SLI16242
SLF16007	12879	10974	13150	14514	121	SLF16007	INIA Olimar	SLF16039
SLI16262	12752	10874	12040	15341	122	SLI09197	SLI09197	SLI16262
SLI16270	12151	9789	11758	14906	123	SLI16262	SLF16009	INIA Olimar
SLF16039	12042	10235	9822	16070	123	El Paso 144	SLI16262	SLI16270
SLI09193	12020	8989	13120	13952	119	SLF16039	SLI16242	SLF16007
SLI16172	11993	10221	11740	14018	123	SLI16172	SLI16277	SLF16126
INIA Olimar	11974	8555	12301	15068	121	SLF16009	SLI16270	SLI16277
SLF16009	11883	9925	12135	13590	122	SLF16062	SLI16172	SLF16062
SLI13635	11674	11197	11008	12817	123	SLI16270	SLI13635	SLI16172
El Paso 144	11592	10294	10706	13777	126	INIA Merín	SLI13252A2	SLI09193
SLI16277	11512	8386	11854	14296	120	SLF16126	El Paso 144	El Paso 144
SLF16062	11324	9863	10042	14066	115	SLI09193	INIA Merín	SLF16009
INIA Merin	11218	9626	10665	13363	125	SLI13252A2	SLF16062	INIA Merin
SLF16126	11047	9432	9347	14363	124	INIA Olimar	SLF16039	SLI13635
SLI13252A2	10700	8835	10899	12366	124	SLI16277	SLF16126	SLI13252A2
media	12005	10140	11377	14407	122			
Source	Prob > F							
Cultivar	0,0078*							
Bloque [Ensayo]	0,0216*							
Localidad	<,0001*							
Cultivar*Localidad	0,0373*							

Los cultivares más destacados fueron SLI16242, SLI09197, SLF16007, SLI16262, mientras que las variedades testigos rindieron entre 11,9 y 11,2 t/ha. SLI09197 fue el cultivar más estable al ubicarse en los tres sitios en el grupo "top 5". Por otra parte, SLI16242, SLF16007 y SLI16262 fueron parte de ese grupo en 2 de los 3 sitios experimentales (Cuadro 1).

La productividad evaluada como SSL fue de 12282 kg/ha, indicando que la calidad en

general permitió una bonificación. Algunos cultivares se destacaron al dar lugar a bonificaciones de 500 kg/ha o más (INIA Merín, SLI13352A2, SLI16172) dados altos valores de %BT y %ENT. Los valores de granos yesados estuvieron en todos los casos por debajo de la base de comercialización, destacándose como es frecuente INIA Olimar y SLI1352A2. De igual manera, resultan las líneas hermanas SLF16007 y SLF16009 con bajo yeso (1,7-1,3) aunque sus %ENT son algo bajos (59,4 y 58,9) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rendimiento Sano, seco y Limpio (SSL, kg/ha) general, Bonificación (kg/ha) y calidad molinera, (% yesado por localidad), dimensiones de granos.

Cultivar	SSL	Bonif	BT	ENT	YES	UEPF	UEPL	UETBO			
						YES	YES	YES	L	A	LA
SLI16242	13749	379	71,0	63,3	5,1	2,4	5,3	7,7	6,90	2,04	3,39
SLI09197	13536	347	70,7	63,6	4,5	1,3	4,3	7,8	6,77	2,01	3,37
SLF16007	12957	77	69,8	59,4	1,7	0,1	3,3	1,6	6,83	1,96	3,47
SLI16262	12940	188	70,2	61,9	5,6	2,8	6,0	8,0	6,86	2,05	3,35
SLI16270	11631	-520	68,4	55,0	7,2	5,0	6,0	10,7	6,80	2,05	3,31
SLF16039	12062	19	70,1	58,8	3,2	1,0	4,9	3,7	6,87	1,93	3,55
SLI09193	12474	453	70,6	64,6	2,3	0,9	2,5	3,7	6,82	1,99	3,43
SLI16172	12610	617	71,6	66,6	2,3	1,0	2,5	3,3	6,75	1,97	3,42
INIA Olimar	12347	372	70,5	63,5	1,4	0,6	1,3	2,4	6,85	1,95	3,52
SLF16009	11923	40	69,8	58,9	1,3	0,2	2,2	1,5	6,81	1,96	3,48
SLI13635	11946	273	71,6	65,1	4,9	3,6	3,9	7,1	6,74	2,06	3,27
El Paso 144	11988	395	70,8	64,8	4,9	5,5	3,3	6,0	6,61	2,07	3,19
SLI16277	11830	318	70,2	63,0	3,9	1,8	4,7	5,0	6,91	2,01	3,44
SLF16062	11661	337	71,4	62,7	1,6	1,3	1,3	2,3	6,73	2,07	3,25
INIA Merin	11800	582	72,9	65,7	4,6	1,8	5,5	6,4	6,80	2,03	3,36
SLF16126	11507	460	71,5	64,5	2,5	0,8	2,7	3,9	6,41	2,10	3,05
SLI13252A2	11488	788	72,9	69,4	0,2	0,5	0,0	0,0	6,58	2,03	3,25
media	12282	308	70,9	63,0	3,4	1,8	3,5	4,8	6,76	2,01	3,36
Source	Prob > F	Prob > F	Prb > F	Prob > F					Prob > F	Prob > F	Prob > F
Cultivar	0,0457*	<,0001*	<,0001*	<,0001*					<,0001*	<,0001*	<,0001*
Bloque[Localid.]	0,0177*	0,3491	0,3925	0,0095*					0	0,0064*	0,5784
Localidad	<,0001*	<,0001*	<,0001*	<,0001*					<,0001*	<,0001*	<,0001*
Cultivar*Localid.	0,0509	<,0001*	<,0001*	<,0001*					<,0001*	0,0003*	<,0001*

CONCLUSIONES

En condiciones de fecha de siembra temprana (fin de septiembre-principios de octubre- en las tres localidades, se obtuvieron muy altos rendimientos en este grupo de cultivares indica, de magnitud tal que representan -en el ensayo más productivo de la serie, UETbó- el potencial biológico promedio del ambiente arrocero uruguayo (14 t/ha). Algunos cultivares obtuvieron máximos de 16 t/ha en ese ambiente de alta productividad, como SLI16242 y SLI09197.

En UEPL, con muy altas precipitaciones en la implantación que afectó el stand final de plantas logrado, los rendimientos fueron en torno a las 11 t/ha, con INIA Merín con un rendimiento de 10665 kg/ha ubicado en la

14ava posición en 17 cultivares. Cultivares como SLF16007 (+2500kg/ha) y SLI09197 (+1600 kg/ha) superaron claramente a Merín.

En la zafra 2019-2020, de excelentes condiciones ambientales para la formación y concreción de altos rendimientos -en particular para cultivos de siembra temprana- se destacaron cultivares de ciclos de diferente duración. Los cultivares SLF16007, SLI09193, INIA Olimar, SLF16009 con ciclos intermedios al igual que SLI09197 (ciclo largo) se destacaron en el Este (UEPL). De todos modos, las diferencias en fenología se vieron reducidas a lo esperable -posiblemente debido al generoso régimen término que se presentó en los meses de diciembre y enero-.

EFECTO DEL MOMENTO Y TIPO DE FUNGICIDA EN CONTROL DE ENFERMEDADES Y CALIDAD DE GRANO EN INIA MERÍN

S. Martínez¹, F. Escalante²

PALABRAS CLAVE: entero, manchado de grano, yesado

INTRODUCCIÓN

INIA Merín es un nuevo cultivar de arroz que se ha posicionado como uno de los cultivares más sembrados en las últimas zafras en todo el país. Dentro de las características que han permitido esta expansión del área del cultivo se encuentra su alto potencial de rendimiento con una calidad de grano acorde a las necesidades de la industria de exportación y la alta resistencia a Brusone (*Pyricularia oryzae*) en hoja y cuello. Además, INIA Merín ha demostrado poseer una mayor tolerancia a las enfermedades de tallo y vaina presentes comparado con otros cultivares indica, como El Paso 144 e INIA Olimar (Martínez *et al.* 2018). Esta característica de resistencia o tolerancia a enfermedades comunes permitiría, en algunas situaciones de chacras comerciales, manejar el cultivo sin la necesidad del uso de fungicidas, con el consiguiente beneficio económico y ambiental. En evaluaciones previas de fungicidas para el control de enfermedades de tallo en INIA Merín se ha encontrado una menor respuesta a la aplicación de diversos fungicidas comerciales actualmente en uso (ver en esta misma serie). Esto significa, que no se obtiene un beneficio económico, en rendimiento o calidad de grano, por la aplicación de fungicidas con las recomendaciones habituales (Martínez y Escalante 2017). Ante la posibilidad de que sean necesarias medidas de otro tipo para el control de estas enfermedades en INIA Merín, se ha explorado la posibilidad de respuesta en diferen-

tes momentos de aplicación o con diferentes grupos químicos.

En el presente trabajo, se resume la información obtenida en los últimos 3 años (zafra 2017-2020) sobre la respuesta a la aplicación de diferentes tipos de mezclas de fungicidas y de momentos de aplicación en el control de enfermedades de tallo y vaina y los efectos en rendimiento y calidad de grano en el cultivar INIA Merín.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la Unidad Experimental Paso de la Laguna, INIA Treinta y Tres, durante tres años seguidos, zafra 2017-2018 a 2019-2020, con el cultivar INIA Merín. Se sembraron parcelas cada año y se realizó un diseño estadístico factorial de tres tratamientos fungicidas por dos momentos de aplicación y un testigo sin tratar con cuatro repeticiones. Todas las parcelas se sembraron con la variedad INIA Merín y se realizó el manejo del cultivo con las recomendaciones para el cultivar (INIA 2018). Los tratamientos consistieron en la aplicación de productos comerciales, un fungicida mezcla de una estrobilurina y un triazol (picoxistrobina y ciproconazol), un fosfonato (fosfito de Cu) y mezcla de ambos productos a las dosis recomendadas por etiqueta. Las aplicaciones se realizaron al final de embarrigado y a floración (50% flores emergidas). Fueron evaluadas la incidencia y severidad de las enfermedades de tallo y vaina, componentes de rendimiento a cosecha y rendimiento y calidad de grano. Los datos obtenidos fueron analizados para el experimento

¹ Ing. Agr., Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. smartinez@inia.org.uy

² Téc. Agrop., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

completo o por zafras con el procedimiento Proc Glimmix en SAS 9.4.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para los tres años se lograron valores altos de desarrollo de podredumbre de tallo (=Nakataea oryzae) que fueron de 54% IGS promedio (índice de grado de severidad) en 2018 a 75% IGS en 2020, valores que fueron significativos ($P=0,009$). En las tres zafras los promedios de los tratamientos dieron valores menores de IGS que los testigos sin tratar, pero esas diferencias no fueron significativas. No se encontraron diferencias en severidad de podredumbre de tallo entre tipo de fungicida (fungicida, fosfonato o mezcla) aplicado ($P=0,18$), ni para los momentos (fin de embarigado o floración) de aplicación ($P=0,18$). Fue significativa la interacción de

año con momentos de aplicación ($P=0,0039$), pero esos valores de IGS fueron diferentes solo en un año para cada tratamiento con respecto al testigo sin aplicación (Figura 1).

Para las tres zafras analizadas se lograron altos rendimientos en grano y con grandes diferencias según el año ($P=0,0001$). Los rendimientos promedios variaron entre 9535 kg/ha en 2018 hasta 12373 kg/ha en 2020. El tipo de fungicida utilizado en los tratamientos afectó el rendimiento significativamente ($P=0,025$). La aplicación de un fungicida mezcla (estrobilurina y triazol) o de ese mismo fungicida en mezcla con un fosfonato (fosfito de Cu), fueron superiores a la aplicación de un fosfonato solo o al testigo sin aplicar. Sin embargo, los resultados fueron afectados por el año y variaron entre las diferentes zafras (Figura 2).

Momento de aplicación

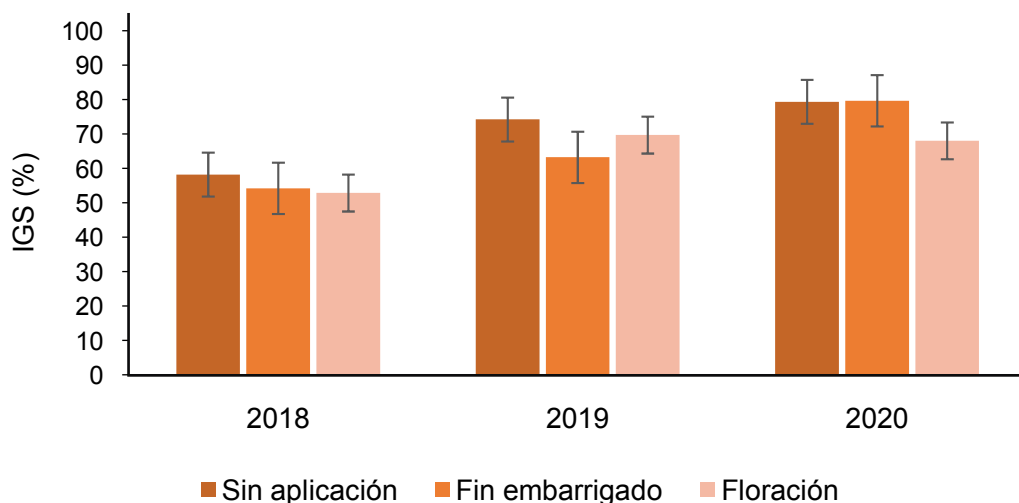


Figura 1. Resultados de severidad de podredumbre de tallo (IGS%) de acuerdo a momento de aplicación y según año del experimento.

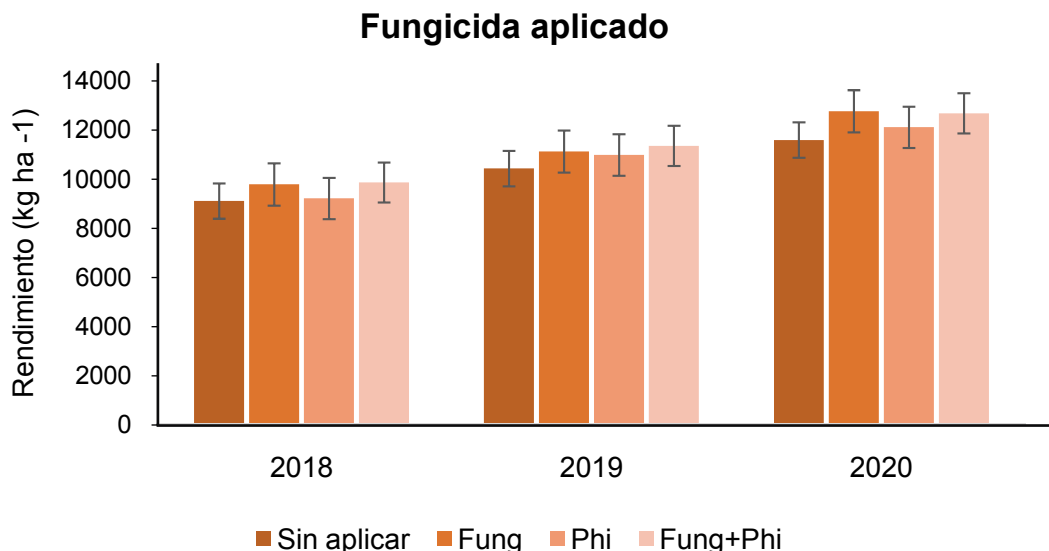


Figura 2. Efecto del tipo de fungicida (fungicida, fosfonato o mezcla) y momento de aplicación (fin de amarrigado o inicio de floración) en el rendimiento de INIA Merín de acuerdo con el año del ensayo. Abreviaturas: Fung= fungicida mezcla de estrobilurina y triazol, Phi=fosfito de Cu, Fung+Phi= mezcla de los dos anteriores.

El momento de aplicación también afectó significativamente al rendimiento ($P=0,002$). Sin embargo, los resultados fueron afectados por las diferencias entre las zafas ($P=0,0001$).

Dentro de cada zafra se encontraron diferencias en rendimiento entre los momentos de aplicación para 2018 ($P=0,037$) y 2020 ($P=0,033$) (Figura 3).

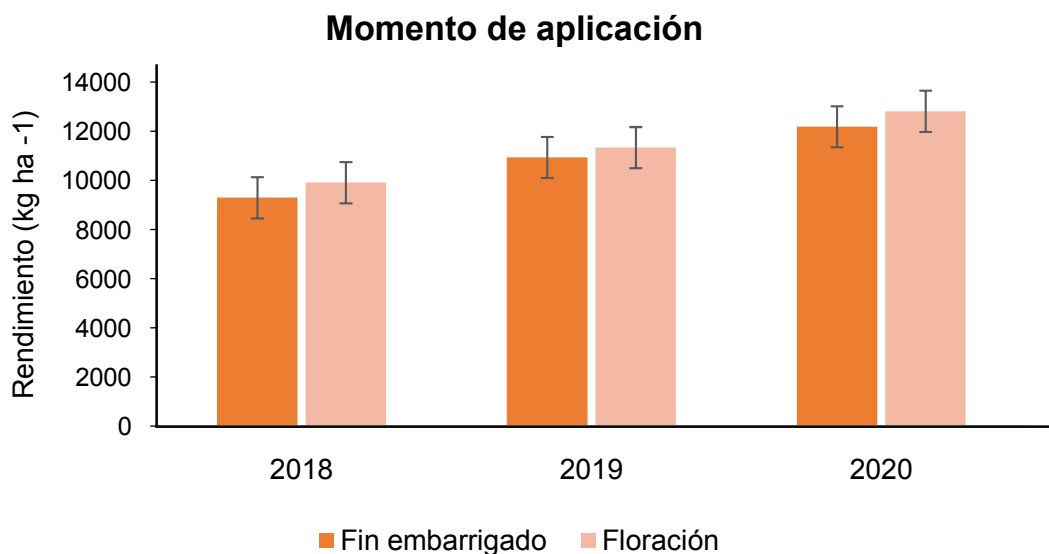


Figura 3. Efecto del momento de aplicación (fin de embarrigado o inicio de floración) para las tres combinaciones de fungicidas utilizados en el rendimiento de INIA Merín de acuerdo con el año del ensayo (se excluyen tratamientos sin aplicación).

Para los parámetros de calidad de grano, se encontraron diferencias en el año para porcentaje de grano entero ($P=0,0001$), grano yesado ($P<0,0001$). Para grano entero se encontró efecto del fungicida aplicado ($P=0,002$), pero esas diferencias fueron indistintas según el año, distintos tratamientos afectaron positivamente en años diferentes. Lo mismo ocurrió para grano yesado y momento de aplicación (momento*año, $P=0,0041$), diferentes momentos afectaron en diferentes años. No se encontraron diferencias para este ensayo en el porcentaje de grano manchado para ninguno de los efectos analizados.

CONCLUSIONES

La podredumbre de tallo puede afectar el rendimiento y calidad de grano en INIA Merín cuando se dan las condiciones ambientales para el desarrollo de una alta severidad.

La respuesta al uso de fungicidas en control de podredumbre de tallo depende del desarrollo de esa enfermedad en el año.

Las aplicaciones de fungicidas convencionales tienen respuesta en parámetros de rendimiento y calidad de grano solo en determinadas situaciones que no están aún del

todo conocidas, y el efecto del año es determinante en esa respuesta.

Pueden existir incrementos en rendimiento y calidad de grano por la aplicación de fungicidas convencionales, pero esto no está siempre asociado al control de las enfermedades y posee un efecto año.

El uso de fungicidas para el control de enfermedades de tallo en INIA Merín debe estar asociado a situaciones de desarrollo de alta severidad de enfermedades que puedan afectar el rendimiento y calidad de grano.

BIBLIOGRAFÍA

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2018. INIA Merín. Sistema Arroz-Ganadería. Montevideo (Uruguay): INIA, 2018. 3 p. (Ficha Técnica 37)

Martínez, S.; Escalante, F. 2017. Control químico de las principales enfermedades de arroz en Uruguay. *Revista Arroz*, 92: 48-52.

Martínez, S.; Bao, L.; Escalante, F. 2018. Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz. Montevideo: INIA. 64 p. (Boletín de Divulgación 116)

CONTROL QUÍMICO DE ENFERMEDADES EN INIA MERÍN, RESPUESTA EN RENDIMIENTO Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE GRANO

S. Martínez¹, F. Escalante²

PALABRAS CLAVE: entero, manchado de glumas, yesado

INTRODUCCIÓN

El nuevo cultivar de arroz INIA Merín se ha posicionado como uno de los cultivares más sembrados en las últimas zafras en el país. Esto se debe principalmente al alto potencial de rendimiento que posee asociado a calidad de grano acorde a las necesidades de la industria de exportación. Otra de las características interesantes de este cultivar es su alta resistencia en hoja y cuello a Brusone (*Pyricularia oryzae*), enfermedad que puede ser limitante de la producción de este cultivo. Esta característica permite, en algunas circunstancias, manejar el cultivo sin la necesidad del uso de fungicidas, con el consiguiente beneficio económico y ambiental. Asimismo, INIA Merín ha demostrado tener mayor tolerancia a las enfermedades de tallo y vaina presentes en el país si se lo compara con otros cultivares indica más conocidos, como El Paso 144 e INIA Olimar (Martínez *et al.* 2018). Sin embargo, es preciso determinar las condiciones en las que la aplicación de fungicidas puede contribuir al control de enfermedades y permitir una respuesta en la mejora de rendimiento y calidad de grano. Estudios previos indican que no se obtiene respuesta a la aplicación de fungicidas para enfermedades de tallo y vaina con los criterios usados previamente. Así, es necesario conocer más sobre la posibilidad de obtener una respuesta económica y la probabilidad de obtener beneficios por el uso de fungici-

das en este cultivar.

En el presente trabajo, se resume la información obtenida en los últimos 4 años (zafras 2016-2020) sobre la respuesta a la aplicación de fungicidas en el control de enfermedades de tallo y vaina y los efectos en rendimiento y calidad de grano en el cultivar INIA Merín.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información para el presente análisis se obtuvo del experimento permanente de evaluación de agroquímicos que se realiza en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres. La información fue recabada durante las zafras 2016-2017 a 2019-2020 en ensayos parcelarios de respuesta a fungicidas. El diseño estadístico fue de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con 18 tratamientos, excepto en la zafra 2016-2017 en que se realizaron 15 tratamientos diferentes. Los tratamientos consistieron en diversos productos comerciales, incluyendo fungicidas de diversos grupos químicos, solo o en mezcla: estrobilurinas, triazoles y fosfonatos. Para cada ensayo se mantuvo un testigo sin aplicación de fungicida para el cual se realizaron iguales medidas de manejo que para los tratamientos. Para todos los tratamientos se sembraron parcelas con la variedad INIA Merín y se realizó el manejo del cultivo con las recomendaciones para el cultivar (INIA 2018). Los datos se tratan en conjunto para las cuatro zafras en valores absolutos, así como en valores relativos con respecto al testigo de cada año.

¹ Ing. Agr., Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. smartinez@inia.org.uy

² Téc. Agrop., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En las cuatro zafas estudiadas se evaluaron la respuesta al control de enfermedades de tallo y vaina, así como parámetros de rendimiento y calidad de grano en el cultivar INIA Merín. Para las cuatro zafas fueron evaluados 69 tratamientos diferentes que incluyeron fungicidas solos o en mezcla de los grupos estrobilurinas, triazoles, fosfonatos, así como sales minerales diferentes de los fosfitos y con acción contra patógenos.

Los valores de severidad de podredumbre de tallo fueron altos para las cuatro zafas analizadas, con rangos promedio de 62% en 2017 a 72% en 2019. Estos valores de severidad son considerados altos para la mayoría de las situaciones de chacras comerciales del país (Figura 1a). Existió diferencia entre zafas ($P < 0,0001$) excepto para la zafa 2020 con las zafas 2018 y 2019. Los rendimientos alcanzados también fueron altos, con un mínimo promedio de 10140 kg/ha en 2019 y

máximo promedio de 13265 kg/ha en 2018 (Figura 1b). Existió diferencia entre años para los rendimientos obtenidos ($P < 0,0001$) excepto para las zafas 2017 y 2020.

La respuesta al control químico fue variable para podredumbre de tallo, evaluado como severidad de la enfermedad, dependiendo del año de evaluación ($P < 0,002$). Asimismo, fue variable la respuesta en rendimiento de grano. En todos los años analizados hubo una reducción de la severidad promedio por el uso de fungicida, excepto para la zafa 2018 (solo 2% de reducción de severidad y con gran dispersión de valores), siendo máxima para la zafa 2020 (13% reducción) (Figura 2a). La respuesta en rendimiento al uso de fungicida también varió con el año ($P < 0,0001$), pero no hubo diferencias entre los años 2017 y 2019, y 2018 con 2020 (Figura 2b). No se encontró incremento en rendimiento promedio en los años 2017 y 2019 por el uso de fungicida, pero fue significativo en 2018 y 2020, con 10% y 20% de incremento promedio en rendimientos, respectivamente (Figura 2b).

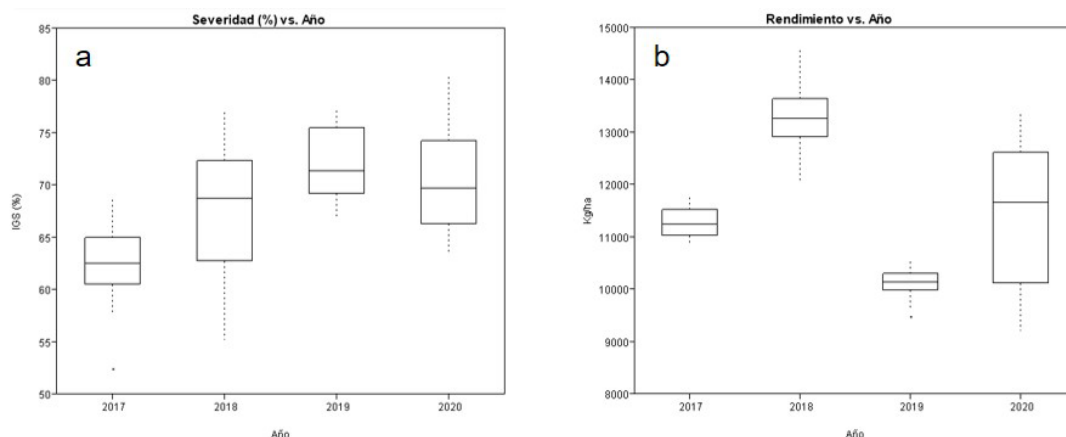


Figura 1. Valores promedio de severidad de enfermedades de tallo y rendimiento de acuerdo al año. a) Promedio de severidad de podredumbre de tallo (IGS, índice de grado de severidad) en los ensayos de control químico, y b) respuesta en rendimiento (kg/ha) en grano en los ensayos de control químico, de acuerdo con el año de evaluación (cosecha).

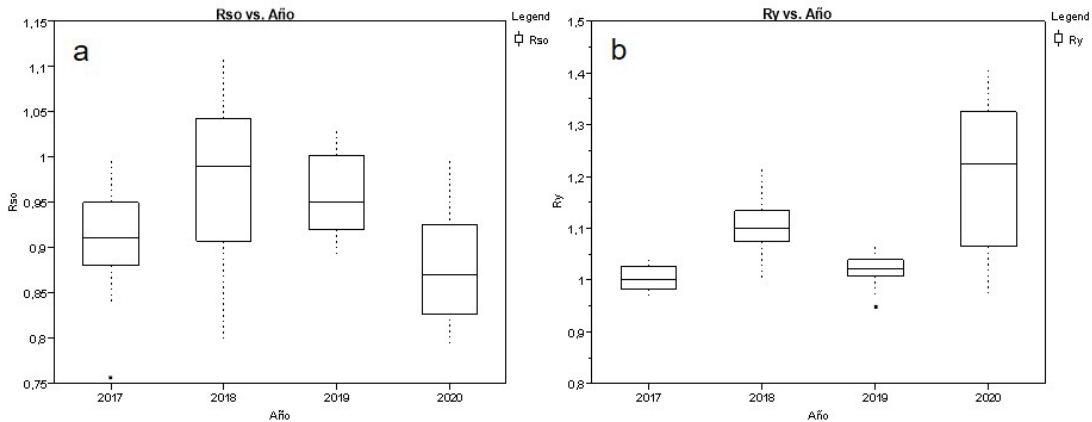


Figura 2. Respuesta relativa al control químico de enfermedades y rendimiento. a) Respuesta relativa de la severidad de podredumbre de tallo (Rso) al control químico de acuerdo con el año, y b) respuesta relativa del rendimiento (Ry) en grano al control químico de acuerdo con el año de evaluación (cosecha). Comparación con testigo sin aplicación (Testigo=1).

El año tuvo efecto ($P < 0,0001$) en el porcentaje de entero que varió entre 63% en 2018 a 69% en 2019, promedio de todos los tratamientos. El porcentaje de grano yesado varió significa-

tivamente entre años ($P < 0,0001$), excepto en las zafas 2017 y 2020 que no tuvieron diferencias. Los valores promedios variaron entre 1,5% en 2018 y 7,3% en 2017.

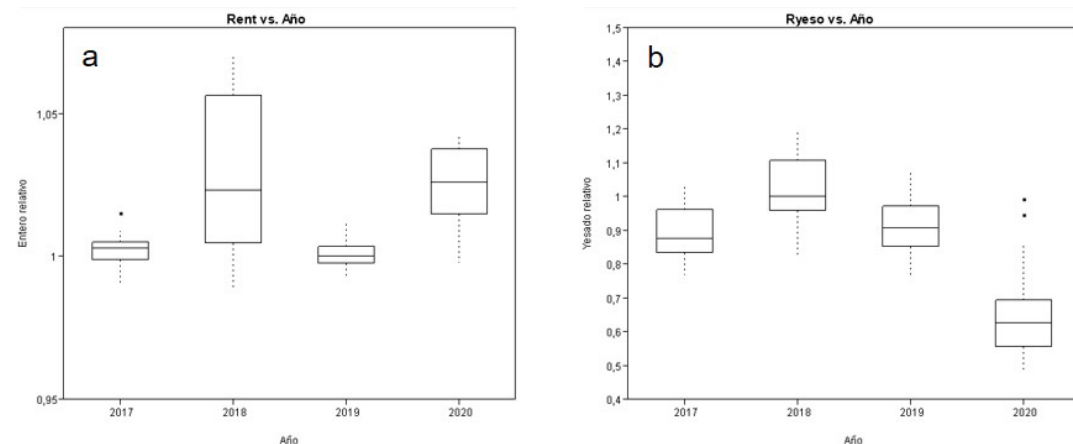


Figura 3. Respuesta relativa al control químico en parámetros de calidad de grano. a) Respuesta relativa del porcentaje de entero en grano (Rent) al control químico de acuerdo con el año, y b) respuesta relativa del porcentaje de grano yesado (Ryeso) al control químico de acuerdo con el año de evaluación (cosecha). Comparación con testigo sin aplicación (Testigo=1).

La respuesta relativa de grano entero a la aplicación de fungicida no fue significativa en 2017 y 2019, y tuvo incrementos de 2,5% y 2,8% para 2018 y 2020, respectivamente, con respecto al testigo (Figura 3a). Para gra-

no yesado, el porcentaje disminuyó significativamente en tres de los años analizados (Figura 3b), principalmente en la zafra 2019-2020, cuando se alcanzó un 6,7% de yeso promedio del ensayo y 10% en el testigo.

CONCLUSIONES

La severidad de podredumbre de tallo varía cada año de acuerdo a cuestiones ambientales (clima y manejo, principalmente) para sitios con similares probabilidades de incidencia.

La respuesta al uso de fungicidas en control de enfermedades es mayor cuando se observan mayores valores de severidad en el cultivo.

Asimismo, si bien se observaron aumentos en el porcentaje de entero, esto se dio solo en dos de las cuatro zafras analizadas y para aproximadamente 60% de los tratamientos.

En tres zafras los porcentajes de yesado fueron menores en los tratamientos con fungicidas. Sin embargo, solo en una zafra estuvo asociado a una respuesta a una disminución en la severidad de enfermedades y aumento de rendimientos.

Los resultados obtenidos no permiten concluir que haya una asociación entre un incremento de la calidad de grano con la aplicación de fungicidas, excepto en zafras con alta respuesta al control de enfermedades de tallo.

El uso de fungicidas para el control de enfermedades de tallo en INIA Merín debe estar asociado a la probabilidad de desarrollo de alta severidad de enfermedades que afecten el rendimiento y calidad de grano.

BIBLIOGRAFÍA

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2018. INIA Merín. Sistema Arroz-Ganadería. Montevideo (Uruguay): INIA, 2018. 3 p. (Ficha Técnica 37)

Martínez, S.; Bao, L.; Escalante, F. 2018. Manual de identificación de enfermedades y plagas en el cultivo de arroz. Montevideo: INIA. 64 p. (Boletín de Divulgación 116)

COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS PREEMERGENTES EN ARROZ: CLOMAZONE Y PENDIMETALINA EN INIA MERÍN

C. Marchesi¹

PALABRAS CLAVE: capín, inhibidor de división celular, inhibidor de síntesis de carotenoides

INTRODUCCIÓN

Los rendimientos de arroz en el país son muy elevados, con uno de los promedios más altos a nivel mundial (8,3 t/ha). Dentro de los manejos requeridos para alcanzar dichos rendimientos, el control de malezas desde etapas muy tempranas es condicional. Las pérdidas de rendimiento que el capín *-Echinochloa spp.-* principal maleza de nuestros sistemas puede ocasionar, se encuentran entre un 50 y un 80% (Marchesi y Lavecchia, 2011). Entre otros factores, se destaca la importancia de utilizar la rotación de arroz con otros cultivos y pasturas en el sistema, para reducir las poblaciones de malezas y diversificar la posibilidad de uso de herbicidas con diferentes modos de acción. Dentro de las estrategias de control químico en el cultivo de arroz, es muy relevante el uso de herbicidas en preemergencia (PRE) (Andres *et al*, 2013), para que el cultivo se inicie en óptimas condiciones, sin competencia. En la actualidad, la opción PRE mayormente utilizada es el clomazone, herbicida inhibidor de la síntesis de pigmentos carotenoides (grupo 13 según HRAC y WSSA, 2020). Es muy eficaz, pero presenta problemas asociados a su muy alta presión de vapor, que lo hace muy susceptible a volatilización y deriva, siendo potencialmente dañino para otros cultivos o pasturas próximos (Villalba *et al.*, 2016 y 2018). El clomazone puede provocar daños a las plántulas de arroz, según

la dosis que se utilice, la susceptibilidad de los cultivares, el tipo de suelos, y las condiciones climáticas que sucedan posterior a la aplicación (Saldain y Marchesi, 2012). Hay algunas referencias de que el cultivar INIA Merín, el de mayor superficie actual en Uruguay, es algo más susceptible al clomazone que sus predecesores. Por otro lado, se ha hecho disponible en el mercado la pendimetalina, molécula que pertenece al grupo de los inhibidores del ensamblaje de microtúbulos (grupo 3). Cuenta con una presión de vapor muy baja, lo cual lo hace no volátil, minimizando el riesgo de deriva. Dicho producto puede ser una alternativa interesante para alternar herbicidas en PRE, o mezclar, siempre apuntando a un muy buen control y disminuir el riesgo de evolución de resistencia. Al estudiar la pendimetalina (formulación CS), se incluye la evaluación en distintos momentos de aplicación previo a la emergencia. Esto es porque, según información de USA (Kendig, 2017), si las semillas de arroz se embeben con este herbicida, el riesgo de daño a las pequeñas plántulas puede ser importante. La recomendación de uso en otros países (USA), es de aplicarlo 7-10 días luego de la siembra para asegurarse de que el arroz haya “movido” la semilla antes de que el herbicida esté disponible, de forma de evitar su absorción y potencial daño.

El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar el efecto de la pendimetalina en el control de *echinochloas*, y sobre la implantación, desarrollo y rendimiento de arroz, tanto individual como en mezcla con clomazone, y en aplicaciones PRE y PREDEM.

¹ Ing. Agr. M.Sc., Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en las zafras 2018-2019 y 2019-2020 en la zona norte (Artigas), sobre suelos arcillosos de alta fertilidad (con un contenido de arcilla de 40%), en chacras proveniente de una rotación arroz-pasturas de baja intensidad. Se realizó un laboreo reducido en el otoño, se aplicó un herbicida total (glifosato) en setiembre, y se instalaron los experimentos con siembra directa sobre taipas. No se sembró semilla de capín de ninguna de las especies importantes, y se trabajó con la infestación presente en el sitio. Se utilizó un cultivar *indica* de ciclo largo, INIA Merín. Las siembras se realizaron el 8/10/18 y el 26/09/19 en parcelas de 2,5 m x 8 m, con una densidad de 488 semillas/m²

de arroz, y fertilizando acorde al análisis de suelo (NPK según Fertiliz-Arr, www.inia.org.uy). Las aplicaciones en PRE se cumplieron el mismo día de la siembra, y la PRE DEM, 7 días luego de la misma. Las aplicaciones se realizaron con una fumigadora de mochila presurizada con CO₂ (Herbicat, www.herbicat.com.br), con una barra de 2 m de ancho operativo, utilizando picos de abanico plano (Teejet 8002, Spraying Systems Co.), aplicando 110 l/ha a 200 kPa. Las aplicaciones se llevaron a cabo temprano en la mañana, evitando momentos de altas temperaturas y viento. Los herbicidas utilizados fueron clomazone (480 g ia/l), y pendimetalina (455 g ia/l), en formulaciones CE y CS, respectivamente, y el detalle de las dosis y mezclas, se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos de herbicida utilizados. Artigas, zafras 18/19 y 19/20.

Tratamientos	Herbicidas y momento	Dosis g ia/ha ¹	Dosis PC l/ha ²
1	Testigo sin aplicación	0	0
2	clomazone PRE	480	1
3	clomazone PRE DEM	480	1
4	pendimetalina PRE	1365	3
5	pendimetalina PRE DEM	1365	3
6	pendimetalina PRE DEM	2275	5
7	clomazone + pendimetalina PRE	384 + 910	0,8 + 2
8	clomazone + pendimetalina PRE DEM	384 + 910	0,8 + 2

¹ gramos de ingrediente activo por hectárea; ² producto comercial en litros por hectárea.

La inundación del cultivo se estableció entre los 21 y 30 días después de la emergencia (DDE), previa aplicación de urea. Se evaluó la implantación de arroz, la población de capín presente a los 10 DDE, las alturas de planta de arroz a los 30 DDE y previo a la cosecha, y una evaluación fenotípica de daño. La colecta se realizó con una cosechadora Foton LOVOL, en un área de 16 m² (2 m x 8

m) por parcela, corrigiéndose los rendimientos a 13% de humedad. El diseño del experimento fue en BCA, con tres repeticiones, y para el análisis estadístico se utilizó Infostat aplicando modelos mixtos y ANOVA, separando las medias por la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) 5%. Además, se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos de mayor interés.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el análisis primario (2 años), el efecto más relevante fue el “año”, por lo que se presentan los resultados en forma independiente (Cuadro 2). Las condiciones climáticas predominantes en la zafra 2019-2020, resultaron en excelentes rendimientos y mínimas diferencias entre los tratamientos de herbicidas aplicados. La implantación de INIA Merín no tuvo inconvenientes bajo ninguno de los tratamientos utilizados, siendo superadas las 250 plantas/m². En las situaciones que

se detectó alguna diferencia (2019-2020), ésta fue a favor del uso de clomazone o pendimetalina en PREDEM vs PRE (P=0,048 y P=0,0029, respectivamente). Respecto al control de la maleza evaluado temprano, hay importantes diferencias entre años. En 2018-2019 no se logró un buen control, excepto con pendimetalina o la mezcla en PRE, mientras que en 2019-2020, hubo una respuesta importante de todos los herbicidas respecto al testigo (P=0,0015). No se observaron diferencias en el crecimiento del cultivo, evaluado como altura de arroz a 30 DDE y a cosecha, y evaluación fenotípica a 30 DDE (datos no mostrados).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos herbicidas en la población de INIA Merín, el control del capín, el crecimiento y el rendimiento de arroz. Artigas, zafra 2018-2019 y 2019-2020.

Herbicida-Momento-l/ha	Población arroz		Control 10 DDE		Altura planta a cosecha				Rendimiento t/ha	
	18-19	19-20	18-19	19-20	18-19	19-20	18-19	19-20	18-19	19-20
Testigo	344	318	66	67	43	40	99	78	9,5	11,5
Clomazone PRE-1	322	300	52	11	41	41	96	86	10,1	12,2
Clomazone PREDEM-1	319	341	78	37	41	39	97	79	10,2	12,7
Pendimetalina PRE-3	294	281	24	13	42	38	98	79	10,5	12,1
Pendimetalina PREDEM-3	334	350	66	5	45	37	98	80	9,7	10,9
Pendimetalina PREDEM-5	326	304	60	0	43	38	96	77	10,6	12,9
Clom 0,8 + Pend PRE-2	341	326	25	37	43	41	98	83	11,2	11,6
Clom 0,8 + Pend PREDEM-2	312	283	76	11	41	39	98	80	10,6	12,4
<i>MDS (α=0,05)</i>	<i>41,5</i>	<i>40,9</i>	<i>40,6</i>	<i>36,1</i>	<i>3,7</i>	<i>3,6</i>	<i>3,0</i>	<i>6,5</i>	<i>0,89</i>	<i>2,16</i>
Contrastes	p-value									
Efecto “herbicida”	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
Clomazone vs pendimetalina	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Mezclas herbicidas vs herbicidas	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
Clomazone PRE-1 vs PREDEM-1	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
Pend PRE-3 vs PREDEM-3	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Pendimetalina PREDEM-3 vs 5	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Herbicidas vs testigo	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	*	ns

ns = no significativo; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,0001

En cuanto a los rendimientos en grano, en 2018-2019 se manifestó una diferencia a favor de todos los tratamientos herbicidas superando al testigo sin aplicación ($P=0,0125$), que no se repitió en la siguiente zafra, en que todos los rendimientos fueron muy elevados (promedio=12 t/ha). En 2018-2019 se obtuvo además una ventaja del uso de la mezcla clomazone + pendimetalina, sobre el uso individual de cualquiera de ellos ($P=0,0122$), independiente del momento de aplicación (PRE o PRE DEM). Este resultado es de especial interés ya que estaría alineado con el concepto de diversificar opciones de control, con la mezcla de principios activos diferentes para un mismo objetivo, en este caso, el control de *Echinochloa* spp. Resulta auspicioso, además, que incluso el tratamiento con dosis elevada de pendimetalina en este tipo de suelos, que simula un error en la aplicación, no resultó perjudicial para la obtención de altos rendimientos.

CONCLUSIONES

El uso de la pendimetalina formulación H₂O en PRE o PREDEM no altera la implantación del arroz, en suelos arcillosos de alta fertilidad. Tampoco el crecimiento del cultivo se ve afectado durante su ciclo, logrando excelentes rendimientos en grano.

En la zafra que se dieron diferencias entre rendimientos, las mismas fueron a favor de la mezcla de ambos herbicidas (pendimetalina + clomazone), aplicado tanto en PRE como en PRE DEM. Este hecho nos asegura que podemos trabajar con ambos principios activos con un doble objetivo: un buen control de malezas y enlentecer la posible evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas.

Queda pendiente ampliar el estudio a situaciones de suelos más livianos y de menor fertilidad, donde el uso de preemergentes debe de hacerse con mayores cuidados.

BIBLIOGRAFÍA

Andres, A.; Concenco, G.; Theisen, G.; Vidotto, F.; Ferrero, A. 2013. Selectivity and weed control efficacy of pre- and post-emergence applications of Clomazone in Southern Brazil. *Crop Protection*, 53:103-108.

Kendig, A. 2019. Delayed Pre “Trick” Programs For Rice Weed Control. Rice Weed 101, University of Missouri Extension. 2019. Disponible en: <http://agebb.missouri.edu/murice/research/weedcont/art5.php> . Acceso en 07 jun 2019.

Marchesi, C.; Lavecchia, A. 2011. Evaluación de herbicidas para el control de capin en las zonas Norte y Centro In: INIA (Ed.), Presentación Resultados Experimentales de Arroz 2010-2011. Tacuarembó: INIA, p.12-23 (INIA Serie Actividades de Difusión 652)

Saldain, N., Marchesi, C. 2012. Evaluación del Clomazone microencapsulado en el control del capin In: INIA Ed. Arroz: Resultados Experimentales 2011-12. Treinta y Tres: INIA Treinta y Tres, cap. 5, p. 3-8 (INIA Serie Actividades de Difusión 686)

Villalba, J.; Besil, N.; Rezende, S.; Collazo, M.; Cesio, V. 2018. Deposition of Clomazone in rice cultivation and volatilization posterior to the application, in: INIA Ed. Arroz 2018. Montevideo: INIA, p. 70-72 (INIA Serie Técnica 246).

Villalba, J., Collazo, M., Besil, N., Rezende, S., Cesio, V. 2016. Clomazone: factores afectando la volatilización y su manejo, in: INIA Ed. Presentación Resultados Experimentales de Arroz 2015-2016. Montevideo: INIA, p. 29-32. (INIA Serie Actividades de Difusión 766)

PERTINENCIA DE LA MEZCLA DE HERBICIDAS COMO ESTRATEGIA PARA EL CONTROL EN POSTEMERGENCIA EN INIA MERÍN

C. Marchesi¹

PALABRAS CLAVE: capín, control químico, resistencia a herbicidas

INTRODUCCIÓN

Dentro de los manejos requeridos para alcanzar altos rendimientos el control de malezas es prioritario, ya que las pérdidas que puede inducir por ejemplo el capín -*Echinochloa* spp.-, principal maleza de nuestros sistemas, se encuentran entre un 50 y un 80% (Marchesi y Lavecchia, 2011). Más allá de la recomendación generalizada de utilizar rotaciones de arroz con otros cultivos y pasturas en el sistema, para reducir las poblaciones de malezas y diversificar la posibilidad de uso de herbicidas con diferentes modos de acción, el principal medio de control es el químico. Dentro de las estrategias de control químico en el cultivo de arroz, hay dos momentos que se consideran relevantes y complementarios, la preemergencia y la postemergencia (POST) temprana. La preemergencia es definitiva para una buena implantación y arranque del cultivo, mientras que la POST temprana, acompañada de una adecuada fertilización y buen manejo de la inundación, son los que están definiendo los rendimientos finales. Hay varias opciones de productos herbicidas para utilizar en POST, para el control de capín. De todas formas, con el objetivo de mejorar los controles y evitar favorecer la evolución de tipos resistentes a herbicidas, es que se trabaja con mezclas de productos, en vez de productos individuales. A nivel internacional se ha hecho mucho hincapié en las ventajas que la mezcla de productos acarrea para evitar o demorar la prevalencia de malezas resistentes (Beckie & Reboud, 2009; Diggle, Neve, & Smith, 2003).

En la historia reciente del arroz uruguayo, la mezcla más utilizada en POST ha sido clomazone + propanil + quinclorac. La misma fue de muy alta eficiencia durante mucho tiempo, pero a la vez fue expuesta a condiciones desfavorables (malezas demasiado desarrolladas, malas condiciones de riego), haciendo que su efectividad se viera disminuida con los años. Asimismo, en los últimos años se han confirmado muchos casos de capines resistentes a quinclorac (Marchesi y Saldain, 2019), por lo que su uso ha disminuido en todo el país. También se ha incrementado el uso de inhibidores de la ALS, el modo de acción más probable en facilitar la evolución de malezas resistentes (Beckie, 2007). De hecho, también hay ya reportados casos de capines resistentes a imidazolinonas y penoxsulam en nuestras condiciones. Es por todo esto que se continúa trabajando para facilitar a los productores distintas opciones para controlar las malezas, que a su vez estén pensadas para evitar la aparición o avance de tipos resistentes. Dicha problemática no está ampliamente percibida en el sector arrocero uruguayo como un factor determinante de la baja de rendimientos o incremento de costos, mientras que si está muy presente en los países de la región y el mundo.

Dentro del abanico de posibles principios activos, se realizan combinaciones con fines estratégicos, tratando de evitar antagonismos. A su vez, se incluyen nuevas moléculas como el florpiauxifen, de reciente incorporación al mercado local. Las moléculas utilizadas pertenecen a los siguientes modos de acción: inhibidor del fotosistema II (HRAC & WSSA grupo 5, propanil), inhibidor de la

¹ Ing. Agr. M.Sc., Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

síntesis de pigmentos (grupo 13, clomazone), auxina sintética (grupo 4, florigrauxifen - rinskor), inhibidores de la ACCasa (grupo 1, cihalofop, metamifop y profoxidim), e inhibidores de la ALS (grupo 2, penoxsulam y bispiribac).

El objetivo del siguiente trabajo fue evaluar diferentes combinaciones de herbicidas en POST temprana, en el control de *Echinochloas*, y sobre el desarrollo y rendimiento de arroz del cultivar INIA Merín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se realizaron en las zafras 2018-2019 y 2019-2020 en la zona norte (Artigas), sobre suelos arcillosos de alta fertilidad (con un contenido de arcilla de 40%), en chacras proveniente de una rotación arroz-pasturas de baja intensidad. Se realizó un laboreo reducido en el otoño, se aplicó un herbicida total (glifosato) en setiembre, y se instalaron los experimentos con siembra directa sobre taipas. No se sembró semilla de capín de ninguna de las especies importantes, y se trabajó con la infestación presente en el sitio. Se utilizó un cultivar *indica* de ciclo largo, INIA Merín. Las siembras se realizaron el 8/10/18 y el 26/09/19 en parcelas de 2,5 m* 8 m, con una densidad de 488 semillas/m² de arroz, y fertilizando acorde al análisis de suelo (NPK según Fertiliz-Arr, www.inia.org.uy). No se realizaron aplicaciones de

preemergentes para promover la presencia de capines. Las aplicaciones se realizaron con una fumigadora de mochila presurizada con CO₂ (Herbicat, www.herbicat.com.br), con una barra de 2 m de ancho operativo, utilizando picos de abanico plano (Teejet 8002, Spraying Systems Co.), aplicando 110 l/ha a 200 kPa. Las aplicaciones se llevaron a cabo en horas tempranas de la mañana, evitando los momentos de altas temperaturas y viento. Los herbicidas utilizados y dosis se muestran en detalle en el cuadro 1.

La inundación del cultivo se estableció entre los 2 y 4 días después de la aplicación de herbicidas, previa aplicación de urea. Se midió la implantación de arroz y la población de capín presente a los 15-20 DDE. Luego de la aplicación de herbicidas (20 DDE) se evaluaron alturas de planta de arroz y posible daño fenotípico a los 28 días después de la aplicación (DDA), evolución de floración, biomasa de capín y altura de arroz previo cosecha, y rendimiento en grano de arroz. La colecta se realizó con una cosechadora Foton LOVOL, en un área de 16 m² (2 m*8 m) por parcela, corrigiéndose los rendimientos a 13% de humedad. El diseño del experimento fue en BCA, con tres repeticiones, y para el análisis estadístico se utilizó Infostat aplicando modelos mixtos (año y bloque como efectos aleatorios), separando las medias por la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) 5%.

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos de herbicida utilizados. Artigas, zafras 2018-2019 y 2019/20.

Tratamientos	Herbicidas	Dosis g ia/ha ¹	Dosis PC kg o l/ha ²
1	Testigo (propanil + clomazone)	2000 + 384	2,5 + 0,8
2	rinskor + cihalofop	25 + 228	1,0 + 0,8
3	rinskor + penoxsulam	25 + 36	1,0 + 0,15
4	metamifop + cihalofop	200 + 228	1,0 + 0,8
5	(penoxsulam + cihalofop) ³	(36 + 216)	1,2
6	penoxsulam + propanil	36 + 2000	0,15 + 2,5
7	bispiribac + propanil	40 + 2000	0,10 + 2,5
8	profoxidim + cihalofop	140 + 228	0,7 + 0,8

¹ gramos de ingrediente activo por hectárea; ² producto comercial en kilos o litros por hectárea; ³ mezcla preformulada.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el análisis primario (2 años), el único efecto significativo fue el tratamiento de herbicidas aplicado. La implantación obtenida de INIA Merín fue muy buena, siendo superadas las 250 plantas/m² en todos los casos (promedio de 290 pl/m²). La presencia de capín, principalmente *E. colona*, previo a la aplicación de herbicidas promediaba las 77 pl/m². Respecto al control de la maleza, el mismo fue muy adecuado en todos los tratamientos, no detectándose diferencias significativas. La evaluación de biomasa de capín a final del ciclo rondó los 480 kg/ha, con una tendencia a disminuir su presencia cuando se utilizó la mezcla de bispiribac + propanil (Cuadro 2). No se observaron diferencias en el crecimiento del cultivo, evaluado como altura de arroz a los 28 DDA y a cosecha (Cuadro 2), o como daño fenotípico a los 28 DDA (datos no mostrados).

Ambos años fueron de excelente productividad, habiéndose obtenido un rendimiento promedio de más de 11 t/ha. De todas formas, hubo diferencias entre los rendimientos de grano seco y limpio, resultado de los tratamientos herbicidas aplicados. En ambos años se destacaron algunas mezclas, como bispiribac + propanil, metamifop + cihalofop, profoxidim + cihalofop, rinskor + penoxsulam, y (penoxsulam + cihalofop). Por otro lado, la mezcla utilizada como "testigo" (clomazone + propanil) fue la de peor comportamiento (Cuadro 2). Resulta interesante el hecho que entre las mezclas destacadas hay productos de muchos años de uso, así como lo contrario, los graminicidas y el nuevo hormonal. Cabe recordar que nos encontramos en un sistema de producción de baja intensidad, por lo que la presencia de tipos de capín con problemas de resistencia sea poco probable. Estos resultados podrían variar si se tratara de sistemas de mayor intensidad e historia de uso de inhibidores de la ALS, seguramente, donde un inadecuado control de malezas redundaría en menores rendimientos de arroz.

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos herbicidas en postemergencia temprana en el control del capín, el crecimiento y el rendimiento de arroz. Artigas, zafras 2018-2019 y 2019-2020.

Herbicidas l/ha	Biomasa capines	Altura planta a		Rendimiento kg/ha
		20 DDE	cosecha	
Testigo (propanil + clomazone)	572	41	82	10263 d
rinskor + cihalofop	879	42	76	10590 cd
rinskor + penoxsulam	237	42	77	11366 abc
metamifop + cihalofop	483	42	77	11530 ab
(penoxsulam + cihalofop)	401	43	79	11167 abc
penoxsulam + propanil	693	42	77	11042 bcd
bispiribac + propanil	46	44	77	12018 a
profoxidim + cihalofop	550	44	81	11449 abc
<i>MDS ($\alpha=0,05$)</i>	778	3	6	878
<i>Efecto "tratamiento"</i>	ns	ns	ns	**

ns = no significativo; * = P<0,05; ** = P<0,01; *** = P<0,0001

CONCLUSIONES

Existen varias opciones para el exitoso control de capines en postemergencia temprana para el cultivar INIA Merín, en condiciones de suelo y clima propios de la zona norte del país. En ninguno de los casos estudiados se observaron alteraciones en el crecimiento del arroz o daño fenotípico, y los rendimientos alcanzaron niveles elevados (promedios mayores a 11 t/ha).

Algunos tratamientos de herbicidas en mezclas POST lograron una diferencia significativa en cuanto al rendimiento de arroz obtenido, a pesar de que no hubo diferencias claras en el control de capín. Dichos tratamientos incluyeron modos de acción de amplio uso (propanil, bispiribac, penoxsulam), así como nuevas moléculas (rinskor) y otras de mucho menor aplicación (graminicidas).

En sistemas de producción de arroz sin problemas de malezas resistentes, existen muchas opciones de mezclas de productos en POST temprana que cumplen con el doble propósito de un buen control de capines, así como el logro de excelentes rendimientos en grano para INIA Merín.

BIBLIOGRAFÍA

Beckie, H. J. 2007. Beneficial Management Practices to Combat Herbicide-resistant Grass Weeds in the Northern Great Plains. *Weed Technology*, 21(2), 290–299. <https://doi.org/10.1614/wt-06-083.1>

Beckie, H. J.; Reboud, X. 2009. Selecting for Weed Resistance: Herbicide Rotation and Mixture. *Weed Technology*, 23(03), 363–370. <https://doi.org/10.1614/wt-09-008.1>

Diggle, A. J.; Neve, P. B.; Smith, F. 2003. Herbicides used in combination can reduce the probability of herbicide resistance in finite weed populations. *Weed Research*, 43, 371–382. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3180.2003.00355.x>

Marchesi, C., y Lavecchia, A. 2011. Evaluación de herbicidas para el control de Capín-*Echinochloa crus-galli* en las zonas norte y centro (Artigas y Tacuarembó). Educación continua. In: INIA Ed. Presentación resultados experimentales de arroz Zafra 2010-2011. Tacuarembó (Uruguay): INIA, 2011. p. 12-23 (INIA Serie Actividades de Difusión 652)

Marchesi, C.; Saldain, N. 2019. First report of herbicide-resistant *Echinochloa crus - galli* in uruguayan rice fields. *Agronomy*, 9, 790–809. <https://doi.org/10.3390/Agronomy9120790>

FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN INIA MERIN

J. Castillo¹, C. Marchesi²

PALABRAS CLAVE: dosis y fraccionamiento, EUN, respuesta a la fertilización N

INTRODUCCIÓN

En la pasada zafra, INIA Merín fue la variedad de arroz más sembrada a nivel nacional, destacándose significativamente en productividad sobre las demás variedades utilizadas a nivel comercial (Molina, 2020). A diferencia de las demás variedades, una variable de manejo en la que se destaca es la respuesta a la fertilización nitrogenada (N) (Castillo, 2016). La respuesta observada se sustenta en un ciclo acorde para explorar altos potenciales de rendimiento, y de una arquitectura de planta compacta (Pérez de Vida, 2015), resistencia a *Pyricularia oryzae*, y buena tolerancia a enfermedades de tallo (INIA, 2019), y un índice de cosecha (IC) estable (Castillo, 2016).

Adelantos en el manejo de la fertilización y principalmente en el manejo del N, han sido divulgados anualmente en diferentes formatos en el transcurso de la adopción de la variedad. El objetivo de este trabajo es presentar en formato resumido la información generada en diferentes años y localidades, acerca del manejo de la fertilización N para la variedad INIA Merín.

MATERIALES Y MÉTODOS

Quince experimentos con enfoque en fertilización N fueron conducidos en red en los últimos cuatro años en distintas regiones del país. En todos los sitios, previo a la siembra se realizaron fertilizaciones con P y K sin li-

mitantes para expresar las respuestas máximas a N. En general, el inicio del riego se comenzó a macollaje (V5) y coincidió con la realización previa de la primera cobertura de N. El manejo de herbicidas y fungicidas fue realizado siguiendo las recomendaciones para esta variedad (INIA, 2019). La cosecha fue realizada mediante cosechadora autopropulsada experimental y el rendimiento se estimó mediante corte directo de 12 m² por tratamiento. Se analizó la respuesta a la fertilización total de N, la respuesta al fraccionamiento de N entre V5 y elongación de entrenudos (R0), y se calcularon dos parámetros de la eficiencia de uso del N (EUN), la productividad parcial del N (PPN) y la eficiencia agronómica (EA). La PPN se calculó como el cociente entre el rendimiento alcanzado y la dosis de N utilizada (kg grano / kg N). LA EA se calculó como el cociente entre la diferencia en kg de los tratamientos fertilizados y el testigo sin aplicación, y la dosis de N aplicada (kg grano incremental / kg N utilizado).

Las características principales de los experimentos y los análisis en los que fueron incluidos se presentan en el cuadro 1. La información se analizó mediante modelos mixtos definiendo una significancia estadística según test F < 5%. En todos los análisis se realizaron análisis exploratorios del efecto año, localidad, dosis total de N (dosis a V5 y R0 en el caso de los análisis de fraccionamiento de N) y la interacción entre estos efectos. Cuando no se encontró interacción se analizó el factor N definido como efecto fijo, mientras que el efecto bloque anidado en localidad y año se definió como aleatorio.

¹ Ing. Agr. M. Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. jcastillo@inia.org.uy

² Ing. Agr. M. Sc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El análisis de la respuesta a la fertilización N mostró diferencias ($P < 0,05$) entre años, localidad y dosis de N, no existiendo interacción entre estos factores. En términos generales, el análisis estadístico no mostró diferencias en rendimiento por encima de 75, 90 y el rango entre 75 y 150 kg/ha N en las bases de datos 1+2, 3 y 4 respectivamente (Cuadro 1). En los modelos ajustados los máximos físicos fueron cercanos a 180 kg/ha N para las

bases experimentales 1+2 y de 125 kg/ha N para la base 3. Para la mayoría de los experimentos en cada sitio se contó con muestras de potencial de mineralización de N (P.M.N) para relacionarlo con la respuesta observada. En tal sentido, de haberse corregido la dosis de N por este parámetro, se hubiera fertilizado con una dosis total entorno a los 125 kg/ha N. Con esta dosis, el rendimiento alcanzado en el modelo ajustado es de 11768 kg/ha, mientras que con la dosis del máximo físico (180 kg/ha N) fue de 11919 kg/ha.

Cuadro 1. Características principales de las bases de datos de fertilización N utilizadas en el análisis conjunto de la respuesta de N, respuesta al fraccionamiento de N y eficiencia de uso del N (EUN), en INIA Merín.

Años	Región	Sitio	Foco experimental / denominación	Dosis N (kg/ha)	Fraccionamiento N	Análisis usado
2016-2017	Norte	PF	Fraccionamiento N		Factorial 4 x 4	Respuesta N
2017-2018	Centro	PB	Curvas de dilución/	0 - 200	0-25-50-100 V5	EUN
	Este	UEPL	Bases 1 + 2		0-25-50-100 R0	Fraccionamiento N
	Norte	PF			70% V5	
2016-2017	Centro	PB	Densidad x N /	0 - 113	30% R0	Respuesta N
2017-2018	Este	UEPL	Base 3		Tratamiento extra (P.M.N)	EUN
	Norte	PF			0-75-150-225-275	
2018-2019	Centro	PB	Curvas de dilución /	0 - 275	60% V5	Respuesta N
	Este	UEPL	Base 4		40% R0	EUN

Los parámetros de la EUN, PPN y EA decrecieron conforme aumentaron las cantidades de N aplicadas. Ambos parámetros alcanzaron mínimos (34 y 9 kg/kg PPN y EA respectivamente) con dosis cercanas a los 200 kg/ha N. Esta dosis de N se ubicó próxima a la cantidad donde se alcanzaron los máximos rendimientos físicos. En este sentido las máximas productividades se asociaron a EUN muy bajas y lejanas a los valores citados como recomendados (mayor a 90 y 25

kg/kg para la PPN y EA respectivamente). Por otro lado, las dosis de N por encima de las cuales no existieron diferencias de rendimiento (75 y 90 kg/ha) lograron EUN altas y dentro de los estándares internacionales. Del mismo modo, de haberse corregido la fertilización en base al PMN, la dosis de N que se hubiese utilizado habría permitido explorar altos rendimientos cercanos al máximo físico y manteniendo a la vez, altos valores de EUN.

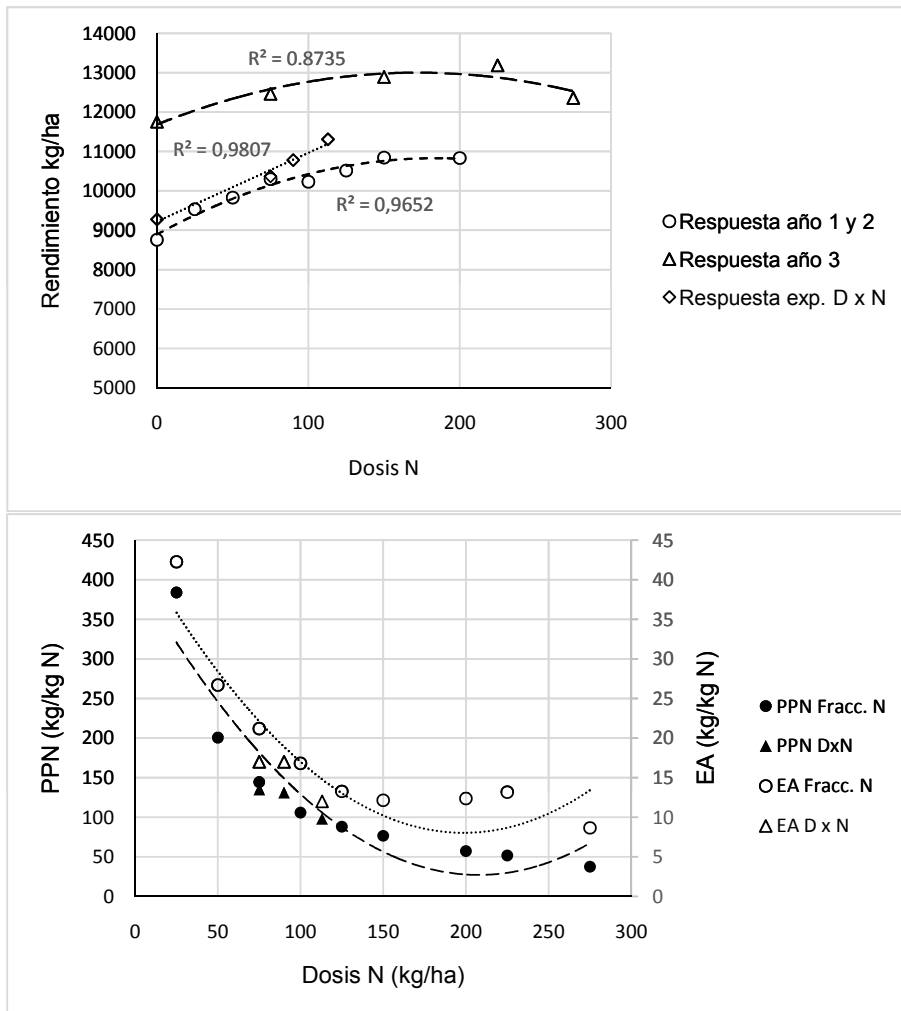


Figura 1. Rendimiento y eficiencia de uso del N en INIA Merín en función de las dosis de N analizadas. A) Respuesta a la fertilización de diferentes bases experimentales utilizadas y B) productividad parcial del N (PPN) y eficiencia agronómica (EA) para el promedio de 3 años.

El análisis estadístico de respuesta al fraccionamiento de N detectó diferencias estadísticas ($P < 0,05$) en el rendimiento alcanzado en función de la fertilización a V5, a R0, y al año, no presentando interacción entre es-

tos factores. En las bases de datos analizadas, la respuesta promedio a la fertilización N respecto a V5 fue de 9% y de 7% cuando se fertilizó a R0.

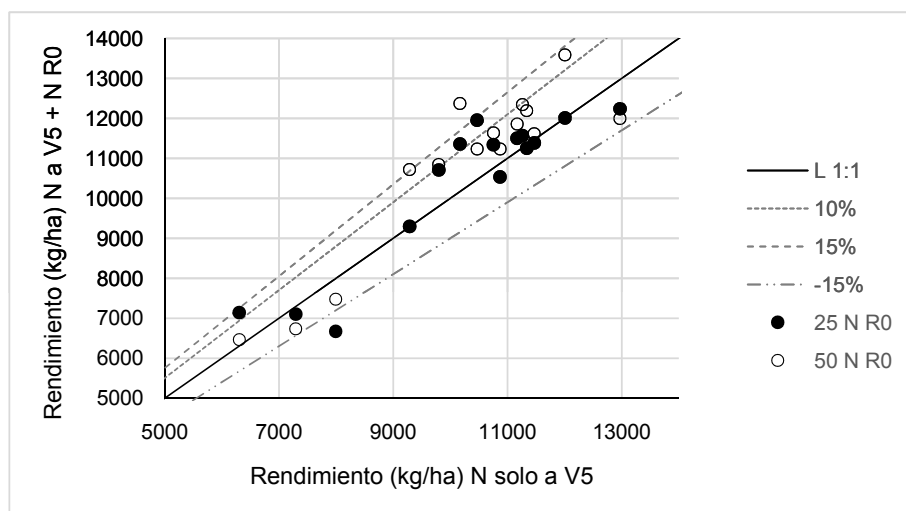


Figura 2. Rangos de respuesta a la fertilización N a R0 con dosis de 25 y 50 N, sobre la cobertura de N a V5. Valores por encima de la línea 1:1 significan incremento de rendimiento por la fertilización a R0, por debajo de la línea 1:1 significan depresión de rendimiento.

CONSIDERACIONES FINALES

El potencial de INIA Merín en los diferentes años y localidades evaluadas fue alto, alcanzando en el promedio de los 15 experimentos 10900 kg/ha. Si bien los máximos físicos de rendimiento se alcanzaron con dosis próximas a 180 kg/ha N, el análisis de la información indicó que en el rango entre 75 y 125 kg/ha N dependiente de la base de datos analizada, no se encontraron respuestas estadísticas en incremento del rendimiento. Por otro lado, la fertilización N en base a parámetros objetivos hubiese sido de 125 kg/ha N con

los cuales se habría podido alcanzar un rendimiento mayor a 11500 kg/ha de arroz.

Tanto la PPN como la EA fueron mínimas y bajas con dosis de N próximas a las del máximo rendimiento físico, estando en valores óptimos cuando las dosis de N utilizadas son calculadas en base a criterios estadísticos o de modelos de respuesta en base a parámetros objetivos de suelo (PMN).

En todos los años se encontró respuesta a una segunda cobertura de N realizada a R0, incrementándose en promedio el rendimiento un 7% por sobre la cobertura de N solo a V5.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo J.; Ferreira A.; Sosa B.; Crossa G. 2016. Avances en el manejo de INIA Merín. *Revista Arroz*. 87: 42-44.

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2019. Control de malezas en post-emergencia del arroz. Montevideo: INIA. 3 p. (Ficha Técnica; 52)

INIA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). 2019. Recomendaciones de manejo para control de brusone. Montevideo (UY): INIA. 4 p. (Ficha Técnica; 61)

Martínez S. 2020. Ajuste al manejo de enfermedades en INIA Merín. Foco INIA Merín: pautas para afinar su manejo de cara a la próxima zafra. Ciclo de webinarios. Arroz: genética, manejo y diseño del sistema de producción para su sustentabilidad. 11 de agosto 2020. Consultado: <http://www.inia.uy/Paginas/Ciclo-de-webinarios-.aspx>

Molina F. 2020. Resumen zafra 2019-20. Taller de análisis tecnológico-productivo de la zafra de arroz 2019-20. 11 de junio de 2020. Consultado: <http://www.inia.uy/Paginas/Taller-de-analisis-tecnologico-productivo-de-la-zafra-de-arroz-2019-2020.aspx>

Pérez De Vida F, Blanco P, Molina F. INIA Merín, Nuevo cultivar de arroz: alta productividad y resistencia a *Pyricularia*. *Revista INIA* 44, p.15-19.

PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DE USO DEL N DEL CULTIVO DE ARROZ SOBRE DIFERENTES ANTECESORES INVERNALES Y DOSIS DE N

J. Castillo¹, I. Macedo¹, L. Silva², G. Castillo³, J. A. Terra⁴

RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN N, EUN, ANTECESORES INVERNALES

PALABRAS CLAVE: cultivos cobertura, rotación arroz-soja, FBN

INTRODUCCIÓN

En términos promedio, en los últimos 15 años un 59% del cultivo de arroz a nivel nacional ha sido sembrado sobre algún tipo de pastura o rastrojo de cultivo, diferente al de arroz (Información propia elaborada a partir de anuarios de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Grupos de Trabajo de Arroz, INIA). Este porcentaje ha estado compuesto por pasturas artificiales en mezcla con leguminosas, pasturas nativas, regeneradas y verdes, tanto de invierno como de verano. Entre los rastrojos de cultivos, el de soja fue el más frecuente y el de sorgo el menos. Si bien las características y composición de estos diferentes antecesores tienen una implicancia directa con la dinámica del N en el siguiente cultivo de arroz, las dosis de N aplicadas a éste tienden a variar muy poco (Castillo, 2015). Trabajos previos mostraron diferencias en la respuesta a la fertilización N del arroz en función del tipo de antecesor invernal utilizado, aun cuando estas investigaciones utilizaron variedades antiguas y los antecesores fueron sembrados sobre laboreo de verano (Terra *et al.* 2010).

En un escenario que tiende a la intensificación, se evaluó la respuesta a la fertilización N y la EUN del cultivo de arroz, sembrado sobre diferentes antecesores invernales instalados entre la cosecha de la soja y la siembra de variedades modernas de arroz de alto rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se instaló en la zafra 2015-2016 en un cultivo comercial de la 7ma sección del departamento de Treinta y Tres. El suelo del sitio venía de un retorno de más de 5 años, seguido por un cultivo de soja el verano previo al cultivo de arroz. Sobre el rastrojo de soja, en el otoño de 2015 se generaron 4 antecesores invernales que no fueron pastoreados. Posterior a la realización de un barbecho químico se sembró sin laboreo la variedad de arroz Parao. Excepto la siembra de las coberturas y la aplicación de N, las demás prácticas de manejo fueron realizadas por el productor.

Se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización (0, 50, 100 y 150 kg N/ha) fraccionados en partes iguales a V5 y R0, y cuatro antecesores: trébol alejandrino (TA), raigrás anual (Rg), vegetación espontánea (VE) y un testigo limpio sin cobertura vegetal (TL). La VE se generó entre la cosecha del cultivo de soja y el inicio del arroz mientras que, para el TL, aplicaciones periódicas con herbicida total fueron realizadas para lograr esta condición.

A fin de ciclo se determinó el rendimiento en grano mediante corte directo con cosechadora experimental en un área de 14m² por parcela. También se estimó la acumulación total de materia seca (MS) en grano y paja. A cada uno de estos componentes se le analizó la concentración de N y por medio del producto de ésta con la MS se calculó la absorción de N de grano, paja y total de cada

¹ Ing. Agr. M. Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jcastillo@inia.org.uy, imacedo@inia.org.uy

² Ing. Agr.- Trabajo de tesis para la obtención del título

³ Ing. Agr.- Trabajo de tesis para la obtención del título

⁴ Ing. Agr. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jtterra@inia.org.uy

tratamiento. Esto último sirvió para calcular los componentes de la eficiencia de uso del N (EUN): eficiencia de recuperación (ER), eficiencia agronómica (EA) y factor parcial de productividad (FPP), de acuerdo con Dobermann (2007).

El diseño del experimento fue en 4 bloques al azar con un arreglo en parcelas divididas donde la parcela mayor fue el antecesor invernal y la parcela menor la dosis de N. Los datos fueron analizados utilizando modelos mixtos donde la dosis de N, el antecesor y la interacción entre ambos factores fueron considerados como efectos fijos mientras que el bloque se consideró un efecto aleatorio.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se detectaron diferencias en el rendimiento asociadas a las dosis de N ($P < 0,0001$) y a una tendencia con el antecesor ($P = 0,055$), no detectándose efectos de la interacción entre ambos factores.

El rendimiento medio de arroz en todas las dosis de N fue 12498 kg/ha encontrándose la máxima respuesta en valores cercanos a 100 kg N/ha (Figura 1A). Para el caso de los antecesores, se formaron dos grupos de rendimiento, siendo el contraste entre TL y TA vs. VE y Rg diferentes ($P = 0,001$). (Figura 1B).

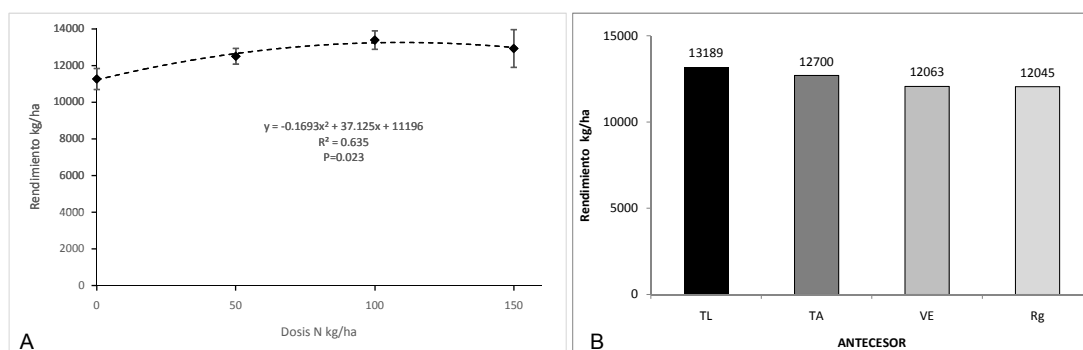


Figura 1. A) Rendimiento de arroz según dosis de N aplicada para el promedio de los antecesores evaluados y B) rendimiento en función del antecesor evaluado para el promedio de las dosis de N. En B, los acrónimos TL, TA, VE y Rg significan testigo limpio, trébol alejandrino, vegetación espontánea y Raigrás

Dentro de los componentes de la EUN, la ER decreció a medida que aumentó la dosis de N. Salvo con la dosis de 50 N, las otras 2 presentaron recuperaciones bajas (<50%). Posiblemente el fraccionamiento 50+50% predisponga a pérdidas en la 2da cobertura, magnificada a mayores dosis de N. El menor porcentaje de recuperación frente al aumen-

to de dosis se mantuvo en todos los antecesores excepto para Rg. En éste, a mayor dosis de N aplicado mayor fue la recuperación de N por el cultivo, si bien la ER promedio fue menor a 20%. Esto podría indicar que existió inmovilización neta de N por parte del rastrojo de Rg, una vez los restos de este antecesor comenzaron a descomponerse.

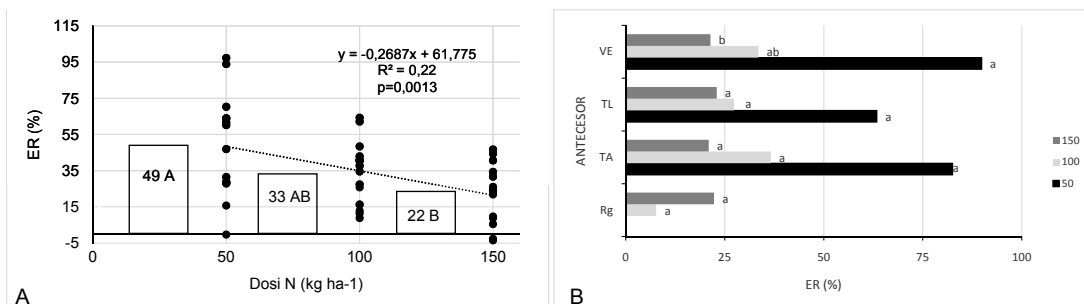


Figura 2. A) Eficiencia de recuperación (%) de N en arroz según las dosis de N evaluadas y B) en función de la dosis de N según antecesor evaluado.

La EA (datos no mostrados) media fue 21 kg de grano incremental por kg N agregado mientras que en promedio el FPP alcanzó 164 kg grano por kg N agregado. Al igual que la ER, la EA y el FPP disminuyeron al aumentar las dosis de N aplicadas. Por cada kg de N extra agregado la EA disminuyó 0,13 kg de grano mientras que el FPP fue máximo a la dosis de 50 N (266 kg/kg), disminuyendo 123 y 173 kg de grano cuando se aplicaron 100 y 150 kg N respectivamente.

CONSIDERACIONES FINALES

Existió una tendencia de los antecesores de raigrás y vegetación espontánea a reducir el rendimiento de arroz. La respuesta a la fertilización N fue similar en todos los antecesores con respuestas físicas máximas en entorno a dosis de 100 kg N/ha. El aumento de dosis redujo todas las eficiencias de uso de N evaluadas. Tanto el FPP como la EA presentaron valores medios superiores o similares a las referencias internacionales. No obstante, la ER presentó valores promedio bajos y muy bajos a dosis mayores a 100 kg N, posiblemente debido al fraccionamiento utilizado el que favoreció las pérdidas asociadas a la segunda cobertura N.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo J.** 2015. En sus dosis justas: N-P-K como forma de explorar altos rendimientos en arroz. (en línea). In: Seminario de Actualización Técnica en Fertilización de Arroz (2015, Treinta y Tres, Uruguay). Puesta a punto y avances de información sobre la nutrición del cultivo de arroz. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 1-6 Consultado 28 ago. 2019. Disponible en <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4762/1/Articulo-JCastillo-2.pdf>
- Dobermann A.** 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management. In: IFA international workshop on fertilizer best management practices. General principles, Strategy for their adaptation and voluntary initiatives vs regulations. (1º, 2007, Brussels, Belgium). Proceedings. Paris, France. p. 1-28.
- Terra J.; Sánchez A.; Méndez R.; Deambrosi E.** 2010. Efecto de cultivos cobertura invernal sobre la repuesta a N en el cultivo de arroz en siembra directa. In: Jornada Anual de Arroz (2010, Treinta y Tres). Arroz: resultados experimentales 2009-2010. Montevideo: INIA p. 9-20 (INIA Actividades de Difusión 611).

FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO

G. Zorrilla¹, S. Cedréz², A. Rovira², A. Gussoni², M. Sanguinetti³, L. Carmona⁴

INTRODUCCIÓN Y RESUMEN RESULTADOS ZAFRA 2019-2020

PALABRAS CLAVE: difusión productor a productor, manejo bruto, margen integrado arroz

INTRODUCCIÓN

Durante la zafra 2019-2020 se desarrolló el primer año de este proyecto (ACA-ANDE BPS 2018) que lidera la ACA, con participación del INIA y la Gremial de Molinos, asesoramiento del FLAR y financiación del Programa de Bienes Públicos Sectoriales para la Competitividad de la Agencia Nacional para el Desarrollo (ANDE). Su objetivo es desarrollar un intenso programa de transferencia demostrando en el campo mejoras del manejo de las chacras que redunden en mejoras del resultado económico de los productores. Esto implica tanto aumentos de rendimientos, como por la reducción costos o mejoras de eficiencia de los procesos de producción. Mediante una red de áreas demostrativas en campos de productores se promueve una comunicación de productor a productor, que pretende llegar a todos los arroceros del país. En este artículo se resumen los resultados de esta primera zafra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto es conducido por un Comité Técnico en donde están representadas todas las instituciones que lo integran. En dicho ámbito se discutió cual debía ser la propuesta tecnológica a validar. La intención fue sintetizar un conjunto de prácticas de manejo del cultivo para la mejora del resultado económico. Para ello se utilizó la base de recomendacio-

nes de la investigación nacional y el conocimiento disponible internacionalmente.

A continuación, se presenta una síntesis de la propuesta tecnológica que se implementó en las áreas demostrativas:

- Preparación anticipada que asegure buena fecha de siembra
- Siembra sobre taipas entre fines de setiembre y el 20 de octubre
- Variedad de alto potencial resistente a brusone y aceptada por los molinos
- Semilla certificada y curada; dosis ajustada para una población final de 200 pl/m²
- Herbicida pre emergente aplicado lo más cerca posible de la emergencia del arroz
- Fertilizante basal según análisis de suelo y recomendación del Fertiliz-Arr
- Urea según análisis de suelo y recomendación del Fertiliz-Arr. Se admite concentrar toda la urea al macollaje en productos que aseguren buen riego.
- Inicio de riego temprano en V3-4, asociado a herbicida post y urea de macollaje
- No aplicar fungicida para brusone en INIA Merín y solo por umbral (8-10% de tallos con síntomas al embarrigado) en caso de enfermedades del tallo
- Insecticidas – no hacer aplicaciones preventivas

Con el apoyo de la ACA y los técnicos de las industrias se identificaron 16 productores dispuestos a brindar sus campos y su trabajo para la instalación de las parcelas demostrativas y áreas testigo correspondientes. La figura 1 muestra la ubicación de

¹ Ing. Agr. M.Sc, Coordinador Técnico del Proyecto, consultor independiente

² Ings. Agrs., Técnicos regionales (Norte – Rovira, Centro – Gussoni, Este – Cedréz)

³ Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente Asociación Cultivadores de Arroz

⁴ Ing. Agr. Ph.D, Consultor de Agronomía del FLAR

esos productores. Las áreas demostrativas tuvieron una media de 17 ha y las áreas testigo de 20 ha. Los técnicos del proyecto dieron seguimiento a dichas áreas durante toda la zafra, colaborando con el productor y levantando la información que se presenta a continuación.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el cuadro 1 se presentan los datos completos de rendimientos de las áreas demostrativas y testigo y de toda la chacra de los productores participantes, así como las diferencias de costos, de ingresos y de margen bruto entre áreas demostrativas y testigo. La mayor riqueza de los datos está en el aná-

lisis de cada caso, lo cual excede la extensión de este artículo y solo se presenta un comentario de los resultados generales.

Observando los promedios, resaltan los excelentes rendimientos obtenidos tanto en las áreas demostrativas como testigos. Esto demuestra que existe tecnología disponible para rendimientos superiores a 10 t/ha, los cuales asegurarían un buen resultado económico, incluso en épocas muy difíciles como las de los últimos años. El gran desafío está en la brecha de rendimientos “dentro de las chacras” como lo demuestra la comparación con los promedios de toda el área de los productores. Por otra parte, en promedio hubo una pequeña reducción de costos con las propuestas del proyecto y

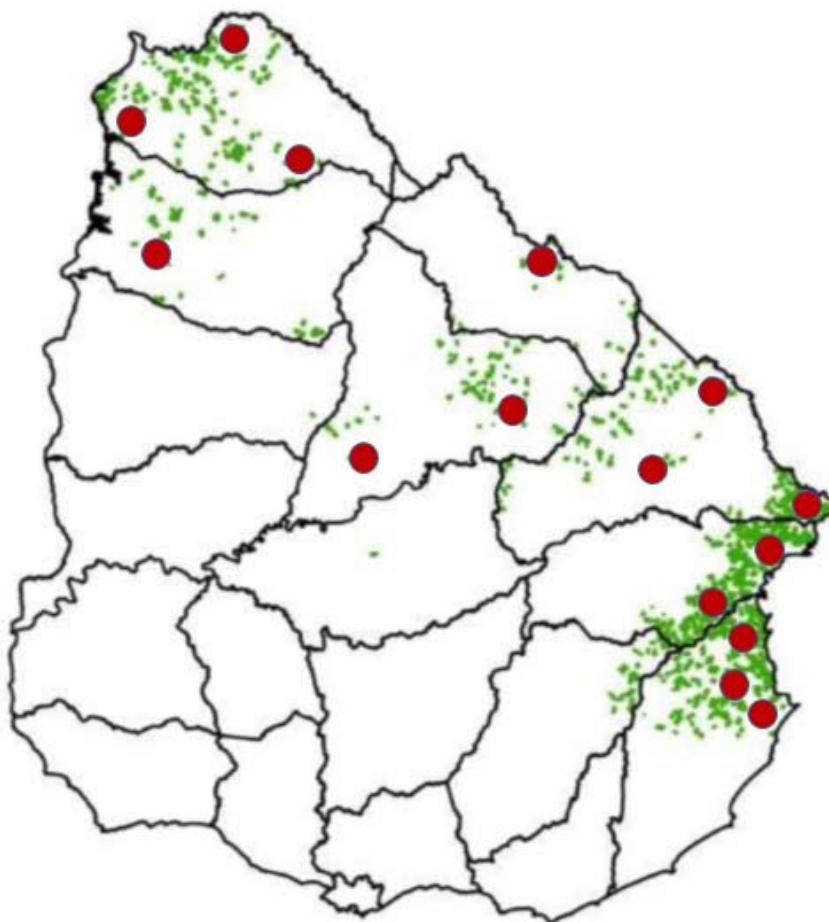


Figura 1. Localización de productores referentes del proyecto en la zafra 2019-2020 (las áreas verdes son imágenes satelitales de las chacras de arroz de la zafra 2018-2019, DIEA 2019)

una disminución de ingresos por los 100 kg/ha menos de rendimiento, resultando en una diferencia insignificante del margen bruto en favor de las áreas testigo. Los resultados de áreas demostrativas y testigo demuestran que también existe una importante brecha a explorar en resultados económicos.

ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN

Toda la plataforma de áreas demostrativas en campos de productores se utilizó para un intenso programa de difusión. En tal sentido, se planificaron días de campo en todos los sitios en la etapa vegetativa al momento de instalación del riego y en etapa reproductiva a partir de la floración. Se realizaron 26 días de campo (se suspendieron 4 finales por el COVID -19) con una muy buena participación de productores y técnicos. En el mes de julio 2020 se realizaron tres seminarios virtuales para comunicar los resultados por región. Hubo una media de participación de 90 personas por actividad.

CONCLUSIONES

Hay tecnología disponible para aumentar sustancialmente los rendimientos y existe una brecha de más de 1000 kg/ha porteras adentro de las chacras, cuya reducción debería estar entre las prioridades de los productores arroceros.

Se ha logrado generar interés en los productores y una muy buena articulación interinstitucional para darle fuerza a este impulso de transferencia de tecnología.

Se está llegando a un núcleo de productores con los cuales había poco contacto previo.

Algunos puntos de la propuesta de manejo fueron difíciles de cumplir por los productores: preparación anticipada, aplicación de herbicida pre-emergente los días previos a la emergencia del arroz, riego temprano en V3-V4. Se hará énfasis en lograrlo en la zafra que viene.

Cuadro 1. Resumen de resultados de rendimientos y resultado económico de la zafra 19/20 – Proyecto de Transferencia ACA-ANDE

PRODUCTOR	DEPTO.	VARIEDAD PROYECTO/TESTIGO	RENDIMIENTO - kg/ha SSL ¹			RESULTADO ECONÓMICO - USD/ha ²		
			PROYECTO ³	TESTIGO ⁴	PRODUCTOR ⁵	DIF. COSTOS PROY. - PROD.	DIF. INGRESOS PROY. - PROD.	DIF. MARGEN BRUTO
PROMEDIO	TODAS		10375	10488	9165	-14,1	-23,4	-9,4
F. BORGES	ARTIGAS	MERIN/MERIN	9180	8960	9750	59,8	45,3	-14,5
F. BORGES	ARTIGAS	GURI CL/GURI CL	9260	10085	9750	15,3	-170,0	-185,3
J. M. FELICE	ARTIGAS	OLIMAR/OLIMAR	11085	11640	9100	32,0	-114,3	-146,3
J. M. FELICE	ARTIGAS	MERIN/OLIMAR	11020	11640	9100	10,6	-127,7	-138,3
S. CONTI	SALTO	MERIN/MERIN	10150	10095	9200	-82,8	11,3	94,1
P. GARCÍA	RIVERA	MERIN/MERIN	10778	9765	8000	-163,8	208,7	372,5
P. CORÁ	TMBÓ	MERIN/MERIN	9090	9080	8655	-8,7	2,1	10,8
J. PINTOS	TMBÓ	MERIN/MERIN	9550	9675	9225	-40,9	-25,8	15,2
G. PEREIRA	C.LARGO	MERIN/MERIN	10175	9275	8200	111,3	185,4	74,1
HNOS. COLPO	C.LARGO	MERIN/OLIMAR	9605	8445	8350	19,1	239,0	219,8
F. EXTREMERA	C.LARGO	XP133FP/TITÁN CL	11025	11365	9400	5,9	-70,0	-76,0
J. CASTIGLIONI T1	T. Y TRES	MERIN/MERIN	10679	10650	10050	-43,6	6,0	49,6
J. CASTIGLIONI T2	T. Y TRES	MERIN/MERIN	10679	11278	10050	-98,3	-123,4	-25,1
H. ZORRILLA P1	T. Y TRES	MERIN/EP144	10069	11540	9250	28,5	-302,9	-331,4
H. ZORRILLA P2	T. Y TRES	MERIN/EP144	11459	11540	9250	-74,7	-16,7	58,0
SERFER T1	ROCHA	MERIN/MERIN	10955	11143	8800	-39,0	-38,6	0,4
SERFER T2	ROCHA	MERIN/MERIN	10955	12604	8800	-15,9	-339,6	-323,7
A. FURTADO	ROCHA	MERIN/MERIN	11043	10684	10200	23,9	74,0	50,1
A. GOMEZ	ROCHA	MERIN/MERIN	10361	9816	9000	-5,8	112,1	117,9

¹SSL – Sano, seco y limpio; ²Se valoraron las diferencias de costos e ingresos entre áreas demostrativas y testigo; ³Áreas demostrativas en donde se aplicó la propuesta técnica del proyecto; ⁴Área similar manejada por el productor; ⁵Rendimiento promedio de toda la chacra del productor referente

FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO

S. Cedrez¹, G. Zorrilla², A. Rovira³, A. Gussoni³, M. Sanguinetti⁴, L. Carmona⁵

RESUMEN RESULTADOS ZONA ESTE ZAFRA 2019-2020

PALABRAS CLAVE: manejo eficiente, margen bruto, transferencia

INTRODUCCIÓN

El Comité técnico del proyecto ajustó una propuesta de manejo adecuada a la zona Este y a cada situación particular de los productores en donde estábamos trabajando. Lo importante es que la propuesta siempre abarca los puntos clave ya conocidos por todos para el manejo de un cultivo de alto potencial prestando especial atención a los costos por hectárea.

En esta región se trabajó con 5 productores líderes que además de llevar a cabo la propuesta tecnológica tuvieron la disposición de compartir muchísima información de sus empresas en las discusiones que se formaban en los días de campo. Este ambiente distendido en donde los productores discuten e intercambian con sus pares, es una de las caras más valiosas del proyecto.

DESCRIPCIÓN GENERAL

En esta zafra 2019-2020 se instalaron 6 parcelas demostrativas y 7 áreas testigo en los campos de estos cinco productores. Un total de 8 comparaciones.

Las áreas demostrativas variaron entre 10 y 31 ha con un promedio de 19 ha. Las áreas testigo tuvieron entre 9 y 45 ha con un promedio de 22 ha.

Los manejos propuestos no representaban grandes cambios en referencia al manejo realizado por los productores ni en volumen de insumos ni en tecnologías nuevas. La clave estaba más bien en hacer mucho hincapié en los momentos adecuados de cada manejo y en lograr la máxima eficiencia en el uso de cada uno de los insumos.

RESULTADOS DE LA ZAFRA 2019-2020 PARA LA ZONA ESTE

Las diferencias entre los manejos de las áreas demostrativas y las áreas testigo que tuvieron algún impacto en el costo por hectárea fueron:

- 1- Preparación de suelo. En promedio las parcelas demostrativas llevaron menos labores previas a la siembra, representando un ahorro de 25 USD/ha
- 2- Densidad de siembra. En promedio se trabajó con casi 30 kg/ha menos de semilla, representando un ahorro de 11 USD/ha Urea de macollaje.
- 3- En promedio las dosis de urea de macollaje fueron superiores en 72 kg/ha, representando un aumento de costos de 29 USD/ha
- 4- Fraccionamiento del N. En 4 de las 6 parcelas se hizo una única aplicación de urea a macollaje pre-riego, evitando la aplicación aérea de la urea de primordio. Aun manejando dosis totales de urea mayores en las parcelas demostrativas, se tuvo un ahorro de 9 USD/ha

¹ Ing. Agr., Técnica Regional Zona Este

² Ing. Agr. M.Sc, Coordinador Técnico del Proyecto

³ Ings. Agrs., Técnicos regionales (Norte – Rovira, Centro – Gussoni)

⁴ Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente Asociación Cultivadores de Arroz

⁵ Ing. Agr. PhD, Consultor de Agronomía del FLAR

- 5 Control de malezas. 4 de 6 parcelas llevaron herbicida pre emergente, incurriendo en un costo superior que en promedio fue de 30 USD/ha. Pero esto permitió un ahorro de 57 USD/ha en promedio en los herbicidas pos emergentes.
- 6 Fungicidas. Ninguna de las parcelas llevó fungicida, mientras que 3 de los testigos sí. Esto representó un ahorro de 28 USD/ha

El impacto económico de todas estas diferencias en los manejos, en promedio representó 28 U\$S/ha de ahorro promedio en el total de costos.

El cuadro 1 resume los resultados de rendimientos y muestra que en algunos casos estos fueron mayores en las parcelas demostrativas y en otros a la inversa. Considerando en conjunto el área de las parcelas y de los testigos como área total afectada al proyecto, estamos frente a un área que en promedio representa el 12% del total de área de cada productor. Este 12% tuvo un rendimiento que supera en más de 20 bolsas al promedio general de cada productor, evidenciando una brecha interna que también nos marca un desafío para seguir mejorando porteras adentro.

Cuadro 1. Resultados productivos de parcelas y testigos. Brechas entre parcelas y testigos. Brecha entre área afectada al proyecto y rendimiento final de cada productor.

Productor	Rendimiento SSL (bl/ha)			Rendimiento SSL (bl/ha)			Parcela + Testigo	
	Parcela	Testigo	Brecha	Parc. + Test.	Media productor	Brecha	Área (has)	% en total
Zorrilla P1	201	231	-29	220	185	35	70	19
Zorrilla P2	229	231	-2					
Castiglioni T1	214	213	1	217	201	16	54	13
Castiglioni T2	214	226	-12					
Serfer T1	219	223	-4	231	176	55	64	14
Serfer T2	219	252	-33					
Furtado	221	214	7	217	204	13	42	5
Gómez	207	196	11	202	180	22	39	10
Promedio	215	222	-7	218	189	28	54	12

COMENTARIOS FINALES

La primera consideración es que con las tecnologías disponibles y sin hacer grandes cambios en los manejos, poniendo el foco en llegar en el momento justo con cada uno de los insumos, se logran rendimientos de punta en áreas comerciales y representativas dentro de las chacras.

Sin duda la PREPARACIÓN ANTICIPADA es uno de los puntos clave y permitió sembrar en la fecha óptima todas las áreas demostrativas y los testigos (entre el 10 y el 27/10).

Cuatro de las seis parcelas se sembraron en SD o semi directa y en todos los casos hubo algún tipo de preparación previa que permitió aprovechar ventanas de siembra en un octubre complicado y llegar a la condición de buena cama de siembra con menos labores de primavera.

Se lograron excelentes resultados con preparaciones muy diferentes que fueron desde siembra totalmente directa sobre un retorno, hasta siembra convencional en rastrojo de arroz.

INIA MERIN fue la variedad utilizada en todos los casos y demostró muy buen comportamiento, cumpliendo con las expectativas de RENDIMIENTO, CALIDAD Y SANIDAD

FERTILIZACIONES BALANCEADAS usando las herramientas de interpretación que tenemos disponibles como el Fertilizarr, permitieron en 4 de 6 casos bajar los costos de fertilización basal.

Se ajustó la densidad de siembra a la POBLACIÓN OBJETIVO con un buen resultado. En un año sumamente complicado para las emergencias, si bien faltó un poco para llegar a las 200 pl/m² que era el objetivo, en todos los casos se lograron poblaciones suficientes (con una densidad promedio de 109 kg/ha de semilla tratada, se lograron 190 pl/m²).

Además de la población, quedó en evidencia la importancia de la DISTRIBUCIÓN de las plantas. Casos con similar población, pero con mejor distribución, resultaron en chacras más parejas con mejores resultados.

Cuando trabajamos con poblaciones objetivo, es fundamental ajustar la PROFUNDIDAD DE SIEMBRA según fecha y condiciones climáticas y del terreno. En siembras tempranas, donde no se pudo colocar la semilla superficialmente tuvimos emergencias demoradas y menor recuperación de plantas.

El herbicida PRE EMERGENTE sumado al riego temprano y el mínimo movimiento de suelo permitió en la mayoría de los casos llegar a V3 con un cultivo sin competencia y en uno de los casos ahorrar la segunda aplicación.

En los casos en donde se decidió una aplicación única de urea en seco a inicio de macollaje porque había seguridad de un riego estable, el resultado fue muy bueno. El ahorro de la aplicación con avión a primordio permitió manejar dosis totales mayores (228 kg/ha vs 185 kg/ha) con menores costos.

EL INICIO DE RIEGO EN V3-V4 fue lo más difícil de llevar a cabo. En la mayoría de los casos el agua entró más tarde por diversas causas. Si bien la velocidad de riego en todos los casos fue muy buena (tanto parcelas como testigos se completaron dentro de los 5 días de haber iniciado el riego) es en este punto es donde más énfasis tenemos que poner hacia adelante. La disponibilidad de agua temprano y la gestión interna de chacra que permita iniciar el riego en V3 es nuestro principal desafío para la próxima zafra y es lo que va a permitir llegar antes con el control de malezas y con la urea antes de iniciado el macollaje, maximizando la eficiencia en el uso de esos recursos.

En cuanto a TRANSFERENCIA, el método utilizado de parcelas demostrativas con días de campo en las chacras de productores de diferentes zonas, demostró ventajas en muchos aspectos. Hubo una buena convocatoria, ya que las actividades eran jornadas cortas que además insumían poco tiempo de traslado porque cada productor podía acercarse a la parcela de su zona. El ambiente distendido de los días de campo favorecía la participación en las discusiones generando un rico intercambio de experiencias entre productores.

Se hace una valoración muy positiva de este primer año de experiencia y queda planteado el desafío para la zafra próxima.

FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO

A. Gussoni¹, G. Zorrilla², A. Rovira³, S. Cedrés³, M. Sanguinetti⁴, L. Carmona⁵

RESULTADOS ZONA CENTRO (RIVERA, TACUAREMBÓ, CERRO LARGO) ZAFRA 2019-2020

PALABRAS CLAVE: agricultura de procesos, eficiencia uso recursos, margen bruto (Rivera, Tacuarembó y Cerro Largo), en la zafra 2019-2020.

INTRODUCCIÓN

Proyecto de transferencia de tecnología en el sector arrocero uruguayo, con un carácter interinstitucional, liderado por la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA), con participación de entidades relacionadas al sector como el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), la Gremial de molinos Arroceros (GMA), la Agencia Nacional de Desarrollo (ANDE) y del exterior con su asesoría técnica y experiencia en proyectos similares el Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR). El objetivo mejorar el margen económico del productor, aumentando los rendimientos y/o disminuyendo los costos, a través de una agricultura de procesos y una mejora de la eficiencia en el uso de los recursos disponibles. En este artículo se resumen los resultados del trabajo en campos de productores de la zona centro del país

METODOLOGÍA

Una vez definidas las propuestas tecnológicas por medio del Comité Técnico del proyecto, éstas fueron implementadas en parcelas demostrativas previamente determinadas en las chacras de los productores líderes seleccionados (Figura 1 y Cuadro 1). Las propuestas de manejo en resumen fueron: preparación de tierra anticipada, siembra sobre taipas y en fecha óptima, variedad de alto potencial, resistente a brusone y aceptada por los molinos (calidad/comercialización), semilla certificada y curada (200 plantas/m²), herbicida preemergente aplicado cerca de emergencia del cultivo, fertilización basal, nitrógeno a macollaje y primordio según análisis de suelo y programa Fertiliz-Arr, riego temprano v3-v4 y rápido, fungicida para tallo y vaina según umbral y sin aplicación de insecticidas.

¹ Ing. Agr., Técnico Regional Zona Centro

² Ing. Agr. M.Sc, Coordinador Técnico del Proyecto

³ Ings. Agrs., Técnicos regionales (Norte – Rovira, este - Cedrés)

⁴ Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente Asociación Cultivadores de Arroz

⁵ Ing. Agr. PhD, Consultor de Agronomía del FLAR



Figura 1. Productores de la zona Centro - zafra 2019/2020 (las áreas verdes son imágenes satelitales de las chacras de arroz de la zafra 2018/2019, DIEA 2019)

Cuadro 1. Productor, localización y dimensiones de áreas demostrativas (proyecto) y testigo

Productor	Depto./Localidad	Parcela (ha)	
		Proyecto	Testigo
J. Pintos	Tacuarembó/ P. del Barro	13,5	22,5
P. Corá	Tacuarembó/Pampa	20	22,5
P. García	Rivera/Lapuente	23	17,5
G. Pereira	Cerro Largo/l. Noblía	30	26
Hnos. Colpo	Cerro Largo/Melo	20,5	19,5
F. Extremera	Cerro Largo/Río Branco	15	55
		122	163

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En el cuadro 2 se puede observar los rendimientos obtenidos en las áreas demostrativas del proyecto, en las áreas testigo y el promedio productor. También las diferencias de rendimiento entre proyecto y testigo, entre

proyecto y promedio productor y la diferencia entre testigo y promedio productor. Además, entre paréntesis las variedades o híbridos utilizados (proyecto/testigo). Los rendimientos fueron muy buenos, obteniendo en promedio en la parcela proyecto 10,037 kg/ha y en la testigo 9,601 kg/ha, una diferencia de 436 kg/ha a favor de las primeras.

Cuadro 2. Rendimientos en kg/ha de arroz SSL - zafra 2019-2020.

Productor	Proyecto	Testigo	Productor	Dif. Proy-Test	Dif. Proy-Prod	Dif. Test-Prod
	10.037	9.601	8.638	436	1.399	962
J. Pintos (Merin/Merin)	9.550	9.675	9.225	-125	325	450
P. Corá (Merin/Merin)	9.090	9.080	8.655	10	435	425
P. García (Merin/Merin)	10.778	9.764	8000	1.014	2.778	1.764
G. Pereira (Merin/Merin)	10.175	9.275	8.200	900	1.975	1.075
Hnos. Colpo (Merin/Olimar)	9.605	8.445	8.350	1.160	1.255	95
F. Extremera (XP113FP/Titán)	11.025	11.365	9.400	-340	1.625	1.965

Al comparar el rendimiento del proyecto frente al promedio del productor, las diferencias son de 1399 kg/ha (28 bolsas), y si hacemos la misma comparación con el rendimiento de la parcela testigo, las diferencias son de 962 kg/ha (19 bolsas). Por otra parte, se puede observar que las diferencias entre productores son importantes.

Propuestas tecnológicas

A continuación, se resumen comentarios sobre la aplicación de cada pauta de manejo propuesto por el proyecto:

Laboreo anticipado: por la fecha de comienzo del proyecto (agosto/19) la injerencia sobre esta labor no fue posible, pero si se hizo hincapié en los beneficios de su utilización y de tener la chacra preparada con antelación.

Siembra sobre taipas y en fecha óptima: Se pudo sembrar el 100 % del área sobre taipas y en el mes de octubre, posicionando el período crítico del cultivo en las fechas óptimas recomendadas. En alguna parcela la altura de las taipas y momento de su realización no fueron ideales.

Variedad INIA Merín: 5 de las 6 parcelas fueron sembradas con dicha variedad, única en el mercado que cumplía con los requerimientos determinados. Los resultados demostraron su alto potencial.

Población objetivo 200 plantas/m²: se utilizó en promedio 22% menos de semilla en el proyecto (115 kg/ha vs 147 kg/ha) y se obtuvieron 6% más de plantas (proyecto 197 pl/m² - testigo 186 pl/m²), siendo, además un año muy malo para la emergencia del arroz. Punto clave es la calidad de siembra, o sea velocidad para una buena distribución, y profundidad (máx. 2 cm) para obtener mejores emergencias y a la vez uniformes.

Posicionamiento herbicida pre emergente: la propuesta era de aplicar lo más cercano a la emergencia del cultivo, de esa forma lograr mayor residualidad de control de malezas durante el cultivo emergido. Por condiciones ambientales y operativas en general no se

pudo realizar, en promedio se hizo 10 días antes de la emergencia lo que determinó en algunas parcelas un mayor gasto de herbicida post emergente.

Fertilización basal: las unidades de nutrientes aplicadas por el proyecto fueron menores que el manejo productor. La recomendación se hizo a través de análisis de suelo y el programa Fertiliz-Arr de INIA y se toma como supuesto el nivel de suficiencia del cultivo para obtener un rendimiento de 10 a 11 t/ha. Se aplicó 50% menos de fósforo (20 kg/ha vs 43 kg/ha) y 50% menos de potasio (17 kg/ha vs 35 kg/ha).

Nitrógeno en macollaje y primordio: se aplicaron aprox. 25 unidades más en el proyecto, determinado por 55 kg/ha más de urea en macollaje. Las dosis a primordio fueron similares de 50 a 60 kg. Unidades de nitrógeno total aplicado en promedio en el proyecto 110 kg/ha frente a los 85 kg/ha del manejo productor.

Riego temprano y rápido: La idea era comenzar el riego en estados fenológicos tempranos V3-V4 (3 hojas/1er macollo) y completar la chacra con agua en forma rápida, no más de 7 días. De las 6 parcelas en 2 se comenzó el riego temprano, pero en general no se completaron con agua rápidamente, determinando un menor aprovechamiento del nitrógeno aplicado en macollaje, aumento en el gasto de herbicidas post emergentes y un menor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Calidad: no hubo diferencias por los manejos propuestos por el proyecto, pero si se vieron castigos o bonificaciones por calidad debido al atraso en la cosecha, básicamente en el % de entero, especialmente en cosechas INIA MERIN con menos de 20% de humedad.

Resultado económico

En el cuadro 3 se observan los montos en USD/ha al valorizar las diferencias de manejo del proyecto frente al manejo productor, las diferencias del ingreso en USD/ha según el rendimiento y en base a esto la diferencia de margen neto entre ambos manejos.

El objetivo del proyecto de aumentar el resultado económico del productor se cumplió, pues en promedio hubo un aumento de rendimientos de aprox. 436 kg SSL/ha y una disminución en los costos de 13 USD/

ha, determinando una diferencia a favor de las parcelas del proyecto de 103 USD/ha. Se tomaron como referencia para los cálculos el precio de la bolsa de 50 kg SSL de 10.3 USD (precio provisorio zafra 19/20).

Cuadro 3. Efectos de los diferentes manejos (proyecto – testigo) en el margen neto - USD/ha

	Promedio Dif. Costos (USD/ha)	Promedio Dif. Ingresos (USD/ha)	Promedio Margen Neto (USD/ha)
J. Pintos (Merín/Merín)	-40,9	-25,75	15,2
P. Corá (Merín/Merín)	-8,7	2,06	10,8
P. García (Merín/Merín)	-1,64	209	372,7
G. Pereira (Merín/Merín)	111,3	185,4	74,11
Hnos. Colpo (Merín/Olimar)	19,12	238,96	219,84
F. Extremera (XP113FP/Titán)	5,92	-70,04	-75,96

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este primer año del proyecto demuestran que la tecnología está disponible para alcanzar altos rendimientos, los productores la conocen, muchos la adoptan y que no hay un sobre costo

por su implementación. Por lo tanto, para disminuir la brecha de rendimiento entre productores del sector arrocero, no sólo hay que lograr una mayor adopción de las pautas técnicas recomendadas por este proyecto, sino también tratar de minimizar las diferencias dentro de la chacra de cada productor.

FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRATEGIAS DE TRANSFERENCIA PARA REDUCIR LAS BRECHAS DE RENDIMIENTOS EN EL SECTOR ARROCERO

A. Rovira¹, G. Zorrilla², S. Cedréz³, A. Gussoni³, M. Sanguinetti⁴, L. Carmona⁵

RESUMEN RESULTADOS – ZONA NORTE - ZAFRA 2019-2020

PALABRAS CLAVE: difusión tecnología, productor a productor.

INTRODUCCIÓN

El proyecto plantea mejorar la difusión y transferencia de tecnología en el sector arrocero, con un enfoque interinstitucional, siendo los objetivos principales, mejorar el resultado económico de las empresas y reducir la brecha de rendimiento entre ellas, mediante la instalación de áreas demostrativas en chacras comerciales. La principal herramienta de difusión utilizada es la realización de días de campo zonales, promoviendo la transferencia de productor a productor.

El presente artículo, resume los resultados del proyecto en la zona norte, para la zafra 2019-2020. Por mayor información sobre el proyecto y resumen de resultados a nivel país, se recomienda la lectura del artículo de G. Zorrilla en esta misma publicación.

La zona arrocera norte, está conformada por los cultivos de arroz de los departamentos de Artigas y Salto. Comprende una superficie total de 28.146 ha, en setenta empresas y un área promedio de cultivo de 402 ha por empresa. La zona representa el 19% del área nacional y abarca el 20% de las empresas arroceras del país (Encuesta arrocera DIEA – Zafra 2018-2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinó entre todas las instituciones participantes, una propuesta tecnológica base, a ser implementada en las áreas demostrativas (ver detalles en artículo de G. Zorrilla).

Se identificaron productores líderes, referentes zonales, a los cuales se los invitó a formar parte del proyecto, 16 para todo el país, 4 para la zona norte. En las chacras de dichos productores se instalaron las parcelas demostrativas con el manejo propuesto, existiendo como contrapartida en cada sitio, una parcela testigo con manejo tradicional del productor.

Los productores participantes son representativos de la región en cuanto a: distintas subregiones de producción, diversidad de tipos de suelos, historias previas de chacras, tenencia de tierra y agua y tipos de empresa.

El número total de parcelas con las que se trabajó en el norte fue de 11, con un área promedio de 19 has por parcela y una superficie total de 212 has de cultivo que representó el 10% del área total cultivada por los productores líderes.

Durante toda la zafra se realizó el monitoreo, seguimiento e implementación de las prácticas de manejo recomendadas, así como el relevamiento y análisis de toda la información pertinente.

Para el análisis final de la información se trabajó con 3 productores y 9 parcelas.

¹ Ing. Agr., Técnico Regional Zona Norte

² Ing. Agr. M.Sc, Coordinador Técnico del Proyecto

³ Ing. Agr., Técnicos regionales (centro – Gussoni, este - Cedréz)

⁴ Ec., Coordinadora General del Proyecto, Gerente Asociación Cultivadores de Arroz

⁵ Ing. Agr. PhD, Consultor de Agronomía del FLAR

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Todas las parcelas del proyecto en la zona norte se sembraron antes del 31 de octubre sobre campos con laboreo anticipado.

En el cuadro 1 se presentan los indicadores relevantes que caracterizaron el manejo de las parcelas, tanto demostrativas como testigos en la zafra 2019-2020 y los promedios zonales para dichos indicadores, como marco de referencia.

Cuadro 1. Resumen de Indicadores de Manejo de Parcelas – Zafra 2019-2020 – Zona Norte

	Áreas Demostrativas* 2019-2020	Áreas Testigo 2019-2020	Promedio Zona** 2018-2019
Densidad de Siembra kg/ha	96	121	160
Plantas/m ²	174	206	+300
Unidades Basales N kg/ha	11	13	13
Unidades Basales P kg/ha	29	41	42
Unidades Basales K kg/ha	80	32	40
Urea Total kg/ha	208	173	137
Urea Macollaje kg/ha	208	145	87
Urea Primordio kg/ha	0	28	50
Inicio de Riego – Fenología	V5-V6 (Planteado V3)	V5-V6	V7 y más
Inicio de Riego – DDE	24 (Planteado 12-15)	24	+ de 25
% Área con Fungicida	40	75	77
% de Área con Insecticida	0	0	+30

*Valores de Áreas Demostrativas y Áreas Testigo Zafra 2019-2020 corresponden a los valores promedio de todas las parcelas.

**Valor Promedio para Zona Norte Zafra 2018-2019, corresponde a información presentada por la Industria en Jornada Arroz INIA - Paso Farías – Artigas – 7 agosto 2019.

Las diferencias de manejo entre las áreas demostrativas y las áreas testigo productor fueron menores, lo que explica que a la postre no existieran diferencias en cuanto a rendimiento obtenido, como se verá más adelante.

Por otro lado, se observan diferencias de manejo importantes entre las parcelas demostrativas y el manejo promedio de los productores de la zona norte, resumiéndose en:

- Densidad de siembra: 64 kg/ha (40%) menos en áreas demostrativas.
- Población de Plantas: 42% menos de plantas/m² en áreas demostrativas.

- Unidades basales de fósforo: 13 kg/ha (31%) menos en áreas demostrativas.
- Unidades basales de potasio: 40 kg/ha (100%) más en parcelas demostrativas.
- Urea total: 71 kg/ha (52%) más en parcelas demostrativas.
- La urea fue aplicada toda al macollaje en las áreas demostrativas.
- Inicio de riego más temprano en parcelas demostrativas.
- No utilización de insecticidas.

En el cuadro 2 se puede ver que no se registran diferencias de rendimiento significativas entre los promedios de las áreas demostrativas y las áreas testigo productor, ni tampoco diferencias significativas en cuanto a costos variables.

Cuadro 2. Rendimiento Obtenido y Diferencia en Costos Variables – Zona Norte – Zafra 2019-2020

	Áreas Demostrativas	Áreas Testigo	Diferencia
Rendimiento - kg/ha SSL*	10139	10195	-56
Costos Variables**– U\$/ha	217	211	+6

*SSL- arroz sano seco y limpio.

**Para cada parcela demostrativa y testigo se valoraron los costos en donde hubo diferencias de manejo. La cifra que aparece es la suma de esos costos para cada parcela y la diferencia indica si hubo aumento o reducción en función de las propuestas del proyecto

El valor promedio de rendimiento de todas las parcelas, demostrativas y testigos del productor es de 10164 kg/ha de arroz sano seco y limpio, demostrándose que

existe en el país tecnología disponible y validada a nivel de chacras comerciales que permite superar las 10 toneladas por hectárea.

Cuadro 3. Comparativo de rendimiento entre el promedio de las parcelas del proyecto (demostrativas + testigo) y el promedio del productor referente – Zona Norte – Zafra 2019-2020.

Productor	Rendimiento parcelas (Demos. + Testigos) kg/ha	Rendimiento Productor kg/ha	Diferencia kg/ha
Fabián Borges	9371	9750	-379
Sebastián Conti	10123	9200	+923
José M. Felice	11248	9100	+2148
Promedio	10164	9350	+814

Se registra una diferencia en rendimiento de 814 kg/ha (8,7%), a favor de las parcelas del proyecto versus el rendimiento del total de las chacras de los productores participantes

de chacra, es un factor que redundará sin dudas en la mejora del margen de las empresas y en la reducción de la brecha de rendimiento.

CONCLUSIONES

La zona norte del sector arrocero cuenta con tecnología disponible para lograr altos rendimientos y un mejor resultado económico, ya que las mismas no significan aumentos de costos.

Se puede hacer mucho “porteras adentro”, para mejorar los resultados de las empresas y disminuir la brecha de rendimiento interna de cada empresa y entre empresas.

Los principales factores que explican la diferencia de rendimiento obtenida entre las áreas proyecto y el promedio de rendimiento de la zona son: laboreo anticipado, fecha de siembra y riego.

La aplicación de una agricultura de procesos, con manejos diferenciales por subáreas

Existen también limitantes estructurales en la zona, como ser la no masificación del laboreo anticipado, que deben ser abordadas en forma integrada y bajo la óptica de sistemas de producción, entre todos los actores de la cadena para poder levantarlas.

La estrategia utilizada por el proyecto, básicamente el enfoque “de productor a productor”, abordado interinstitucionalmente, mejora y potencia el sistema de transferencia ya existente en el sector.

Planificación y gestión interna de las empresas asociadas a un fuerte programa de difusión y transferencia de tecnología aparecen como herramientas importantes para reducir la brecha de rendimientos y mejorar el resultado de las empresas.

INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE MEDIANTE ROTACIONES ARROZ - SOJA - PASTURAS/ GANADERÍA REGADAS POR ASPERSIÓN EN LOMADAS DEL ESTE DE URUGUAY - RESULTADOS ZAFRA 2019-2020

G. Zorrilla¹, J. Jorge², A. Roel³, J. Barbat Parfitt⁴, M. Gigena⁵, F. Gigena⁵

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enmarca en una Alianza para la Innovación con financiación de la ANII y es liderado por GND-BR SRL, empresa uruguaya dedicada al desarrollo de proyectos de riego. La alianza incluye al INIA y la empresa ARAMIS SRL y cuenta con el apoyo técnico-científico de EMBRAPA de Brasil. La iniciativa contó con el patrocinio de la Asociación Cultivadores de Arroz, la Gremial de Molinos Arroceros y de la empresa de bioinsumos Lage y Cía. El objetivo general del proyecto es validar a escala comercial un sistema arroz-soja-pasturas/ganadería bajo riego por aspersión, que asegure altos rendimientos, inocuidad de los productos y baja huella ambiental. En este artículo se resumen los resultados del primer año de los cultivos de verano regados por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del proyecto se realizó un convenio con el establecimiento El Arroyito, de Ramiro y Martín Gigena, ubicado en la 3ª sección de Treinta y Tres, sobre Ruta 18, km 340. En dicho predio, en un área de lomadas con pendientes moderadas, se instaló un pivot de 21,5 ha de las cuales se utilizaron 18,5 ha (no se utilizó el cañón del extremo del equipo). Se sembró una mitad del círculo con arroz y la otra con soja. El campo venía de muchos años de una rotación soja-praderas y en la zafra 2018/2019 tuvo soja y se sembró raigrás con avión previo a la cosecha.

Los suelos son típicos de la Unidad Vergara, con pendientes suaves y zonas planas en las partes altas, con predominio de argisoles y planosoles. El suelo tuvo un pH de 4,8, contenido de P de 5,5 ppm y 0,10 meq/100 gr de K intercambiable. Se aplicaron 2370 kg/ha de piedra caliza agrícola (Caleras CYCUSA - CaCo3 85-99% y MgCO3 1-10%, poder neutralización 85, PRNT 81%) para corregir acidez. Se aplicó glifosato el 28 de setiembre, previo a la siembra del arroz y hubo otra aplicación el 24 de octubre, sólo en el área destinada a la soja.

Manejo del arroz: El área de arroz se repartió en dos cultivares: INIA Olimar e INIA Merín. La siembra se realizó el 11/10/19 con 125 kg/ha de semilla tratada con thiametoxan y tebuconazole y también con dietholate (RiceProtex) para permitir mayores dosis de clomazone. La semilla se inoculó inmediatamente antes de la siembra con Azospirillum (Graminosoil). La fertilización basal fue N21-P90-K35 y se agregaron 75 kg K₂O/ha al macollaje. Se aplicó glifosato+clomazone previo a la emergencia y una mezcla de propanil+clomazone+fluroxipir en post emergencia. Se aplicaron 190 kg/ha de urea blanca al macollaje el 9/11/19, 50 kg/ha el 20/11/19, 55 kg/ha el 4/12/19 y una dosis final de 60 kg/ha el 26/12/19 cuando INIA Olimar llegó a primordio. El plan era una aplicación por tierra en macollaje y luego aplicaciones semanales de urea con el fertirriego, pero el equipo no estuvo disponible a tiempo. En total el cultivo recibió una fertilización N179-

¹ Ing. Agr. M.Sc, Coordinador Técnico del Proyecto, consultor independiente

² Ing., Director GND-BR

³ Ing. Agr. PhD, Investigador Principal INIA Treinta y Tres

⁴ Ing. Agr. Dr. Investigador Principal, EMBRAPA Clima Templado, Brasil

⁵ Ings. Agrs., Principales del establecimiento El Arroyito

P90-K110. Se aplicó fungicida preventivamente sólo en INIA Olimar en embarrigado. El exceso de lluvias de octubre dificultó la instalación del cultivo, cuya población final fue de 100 plantas/m² y en el caso de Merín con bastante desuniformidad. El control de malezas fue eficiente y sin mayores problemas. No se observó en ningún momento manchas de *Pyricularia* ni afección relevante de tallos en ninguna de las variedades. No hubo problema de insectos. Luego de la cosecha se enviaron muestras de ambos lotes al LATU para análisis de metales pesados.

Manejo de la soja: La soja se sembró el 21/11/19 con la variedad de ciclo corto DM 50i17 a 80 kg/ha. Se fertilizó con una dosis de nutrientes de N0-P80-K120 al voleo y se aplicó glifosato+fluroxipir pre-emergente al otro día. El 28 de diciembre se aplicó el glifosato post emergente. El 24/1/20 se aplicó una mezcla de fungicida, insecticida, fertilizante foliar y fosfitos, el 24/2/20 fungicida+insecticida y el 24/3/20 un último insecticida. La siembra se atrasó más de 20 días de los inicialmente planificado por las lluvias de la primavera. La población fue buena y el crecimiento inicial también. Hacia fines de diciembre se comenzaron a ver problemas de enfermedades del tallo y plantas muertas. Se redujo la frecuencia de riegos mientras se mantuvieron síntomas. A inicio de enero comenzó la floración con una altura de 40 cm y un desarrollo pobre. Sin embargo, a partir de mediados de enero su desarrollo fue satisfactorio y se transformó en un buen cultivo. Hubo problemas con aplicación final contra chinche, que provocó daños impor-

tantes en la calidad del grano y seguramente el rendimiento final.

Manejo del riego por aspersión: El equipo de riego entrega 10 mm diarios. Para el arroz la pauta técnica fue regar siempre que la tensión de agua superara los 10 kPa en tensiómetros instalados a 15 cm de profundidad. Las medidas realizadas confirmaron que en ausencia de lluvias y con días de calor, es necesario el riego diario del arroz bajo pivot. A pesar de que la zafra fue extremadamente seca a partir de diciembre, con altas temperaturas y muy alta radiación, no se observó en ningún momento síntomas de déficit hídrico severo en el arroz. Se comenzó a regar el 11/11/19, un mes después de la siembra y se dejó de regar dos días antes de la cosecha de cada variedad. INIA Merín requirió 10 días más de riego que INIA Olimar. Para la soja la recomendación fue regar siempre que la tensión de agua superara los 50 kPa. Se comenzó a regar el 25/11/19, cuatro días después de la siembra y el último riego fue el 12/3/20 cuando el cultivo ya estaba empezando a voltear la hoja.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Arroz: Los rendimientos de INIA Olimar apenas cumplieron con las expectativas de mínima del proyecto (7500 kg/ha), pero los de INIA Merín los superaron ampliamente (Cuadro 1). Por otra parte, se despejaron las dudas sobre la calidad del grano con este sistema. El mantenimiento del riego hasta dos días antes de la cosecha parece haber cumplido su cometido.

Cuadro 1. Resultados de cosecha del arroz regado por aspersión – Zafra 2019-2020

	INIA OLIMAR	INIA MERÍN
Fecha cosecha	16/03/2020	02/04/2020
Área cosechada (ha)	3,77	3,68
Rendimiento seco y limpio (kg/ha)	7392	8977
% Blanco Total	70,3	72,0
% Entero	62,0	62,6
% Mancha	0,4	0,3
% Yeso	2,5	2,0
% Bonificación total por calidad	2%	3%
Rendimiento sano, seco y limpio (kg/ha)	7551	9273

Los análisis de metales pesados confirmaron que el contenido de arsénico fue insignificante. En ambas variedades no se detectó (ND) su presencia en el análisis de arsénico total. El arsénico inorgánico que es el que cuenta para los límites internacionales, estuvo por debajo del límite de cuantificación (LC) en ambas muestras. El cadmio, elemento que puede presentar concentraciones mayores en condiciones menos anaeróbicas, dio valores de 0,098 mg/kg en INIA Merín y de 0,11 mg/kg en INIA Olimar, por debajo de los límites conocidos. En la Unión Europea el límite es de 0,20 mg/kg y en Brasil es de 0,40 mg/kg. No se detectó mercurio en ninguna de las muestras.

Soja: El área de soja (8,7 ha) tuvo un rendimiento de 3.048 kg/ha y como se comentó anteriormente, tuvo problemas de calidad por daño de chinche. Este rendimiento estuvo por debajo de las metas esperadas del proyecto con un piso de 3.500 kg/ha. El pobre desarrollo inicial que en esta variedad de ciclo muy corto y el problema de plagas parecen haber sido los factores principales.

Riego: Para el período de riego del arroz, las lluvias aportaron 280 mm y fueron necesarios 84 y 94 días de riego para INIA Olimar y INIA Merín, con un consumo de agua de 824

y 924 mm respectivamente. Estos consumos superaron las estimaciones previas en base a datos del Brasil, que indicaban entre 600 y 700 mm en un año normal. Para la soja la lluvia aportó 245 mm durante el período de riego y se necesitaron 20 días de riego con un consumo extra de agua de 192 mm.

ANÁLISIS ECONÓMICO

Fue necesario modelar un sistema productivo “viable” para realizar cálculos económicos, ya que un pivot tan pequeño aumenta mucho los costos de la inversión por ha. Se definió un sistema de 2 pivotes fijos de 70 ha cada uno, uno de los cuales riega arroz y el otro soja y se van cambiando en los años. Para la fase ganadera ambos pivotes estarían en pasturas. El detalle de este análisis sería motivo de otro artículo, por lo cual se presentan sólo los datos principales. Los costos fijos del sistema de riego incluyen depreciación de los equipos, interés del capital y seguros y suman USD 126/ha/año para las 140 ha que implicarían los dos pivotes del modelo. Estos costos no se integran al costo de los cultivos, ya que deben ser contrastados con los resultados totales del sistema arroz-soja-ganadería. Para los costos variables de riego se consideraron el mantenimiento de los equipos, la mano de obra, costo de energía

con tarifa de mediano consumidor y canon por el uso del agua. Eso significó un costo total de riego de 247 USD/ha para INIA Olimar, 268 USD/ha para INIA Merín y 94 USD/ha para la soja. Utilizando los costos reales de los insumos utilizados en los cultivos y considerando valor de maquinaria contratada para las labores y los supuestos de riego anteriores, se calcularon los costos e ingresos. El costo del arroz incluye, renta de la tierra, flete a secador y secado y el de la soja incluye renta y flete a Montevideo.

Costos del cultivo de arroz = INIA Olimar: 1224 USD/ha; INIA Merín –1250 USD/ha

Ingresos del arroz (10,3 USD/bolsa) = INIA Olimar: 1555 USD/ha; INIA Merín: 1910 USD/ha

Margen bruto del arroz = INIA Olimar: 332 USD/ha; INIA Merín: 660 USD/ha

Costos cultivo de soja: 897 USD/ha; Ingresos (314 USD/t): 960 USD/ha; Margen: 63 USD/ha

CONCLUSIONES

El arroz regado por aspersión demostró su viabilidad en materia de potencial productivo y calidad del producto. Además, el análisis de costos indica una reducción significativa

respecto al arroz inundado, pero es necesario hacer una comparación más rigurosa para confirmarlo.

El consumo de agua fue mayor a lo esperado, en directa relación con el clima que tuvo la zafra. Aun así, está por debajo del consumo del arroz por inundación, cuyos valores promedio están en 1200 mm (12000 m³/ha).

No hubo dificultades para el control de malezas, ni para las enfermedades y plagas.

El buen rendimiento de INIA Merín confirma la información de Brasil, de que se deben usar variedades de ciclo largo en este sistema de riego.

Hay posibilidades de mayor reducción de costos con el uso del ferti-riego para aplicaciones de urea, herbicidas y fungicidas.

Se confirmó que los metales pesados y especialmente el arsénico no se acumulan en el grano de arroz en cantidades significativas, bajo este sistema de cultivo.

La soja no cumplió con las expectativas de rendimiento. El atraso en la siembra, los problemas de enfermedades y un mal control de la chinche fueron los causales principales. Se procurará mejorar el manejo en la zafra que viene.

GEONIVELACIÓN CON PENDIENTE VARIABLE: LA LLAVE PARA INCLUIR PASTURAS Y OTROS CULTIVOS EN EL SISTEMA

M. Bueno¹, A. Roel², José Barbat Parfitt³, M Oxley⁴

PALABRAS CLAVE: arroz, drenaje, sistematización, soja, riego

INTRODUCCIÓN

Las tierras bajas de la cuenca hidrográfica de la Laguna Merín, tanto del lado brasileño como del lado uruguayo, se caracterizan por ser mayoritariamente planas y de baja pendiente, predominando suelos hidromórficos de baja conductividad hidráulica y pobre drenaje natural (Streck *et al.*, 2008). Este ambiente favorece el cultivo de arroz bajo riego en rotación con pasturas, como actividad agrícola, pero en los últimos años se ha introducido la soja como una alternativa para la rotación de cultivos, generación de ingresos y una forma de intensificar el sistema. Para viabilizar esta práctica a nivel comercial, es necesario que el manejo del agua se realice de manera correcta y precisa. El uso de geo-tecnologías es una posibilidad de mejorar las condiciones de riego y drenaje, mediante el aumento de la precisión de las actividades como entaipamiento y drenaje, y con la adecuación de la superficie del terreno con pendiente variable (suavización), per-

mitiendo el ajuste de las imperfecciones del suelo y promoviendo mejores condiciones de manejo de las aguas superficiales (Parfitt *et al.*, 2004). La suavización cuando es comparada con el modelo de pendiente uniforme, presenta un menor costo de ejecución y una menor agresión a la capa superficial del suelo, (Bueno *et al.*, 2020; Winkler *et al.*, 2018). Una alternativa de geonivelación con pendiente variable conocida como suavización con foco en riego permitiría una mejora en el riego del cultivo de arroz y también permite el riego de la soja por surcos con alto rendimiento. El objetivo de este trabajo es comparar esta alternativa frente al manejo tradicional a escala semi-comercial tanto en arroz como en soja. Este trabajo presenta un resumen preliminar de resultados enmarcados en una tesis de doctorado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo propuesto, está siendo realizado un experimento en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (33 ° 16 'S 54 ° 10' W), perteneciente al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA-Uruguay).

¹ Ing. Agrícola. M.Sc. Estudiante de doctorado, Univ.Federal de Pelotas-UFPe/ INIA. mbueno@inia.org.

² Ing. Agr. M.Sc. PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de A

³ Ing. Agr. Dr. Investigador Principal, EMBRAPA Clima Templado, Brasil

⁴ Téc. Agrop. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA.

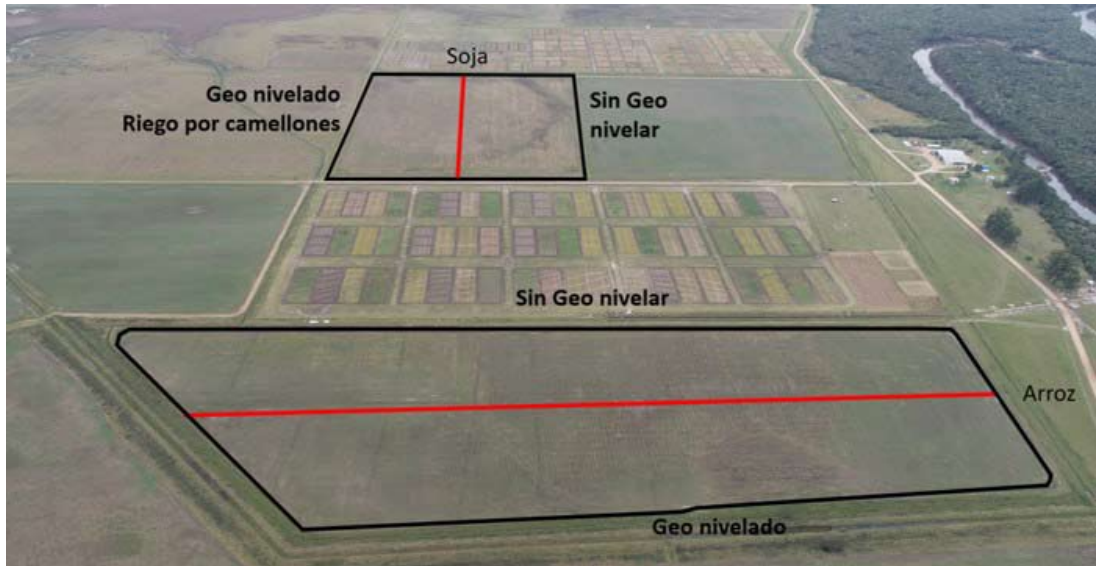


Figura 1. Área donde se instaló el experimento, con los dos potreros (arroz y soja).

Este experimento contempla la implantación de cultivos de arroz (en un potrero de 12,5 ha), siendo que, la mitad del potrero es con geo nivelación con pendiente variada con foco en riego y la otra mitad es sin geo nivelar. El otro potrero (11 ha) con soja, donde, la mitad del potrero es con geo nivelación con pendiente variada con foco en riego por surcos y la otra mitad es sin geo nivelar de forma convencional (sin riego), conforme podemos ver en la figura 1.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Resultados preliminares del potrero de arroz:

En este potrero en los días 11 y 12/11/2019 se sembró la variedad INIA Olimar. En la figura 2 se muestra el modelo digital de elevación del potrero de arroz, donde aparece la mitad que fue geo nivelada con pendiente variada (suavización) con foco en riego (N), en esta mitad se movieron 108 m³ de suelo, en cuanto al corte en la capa superficial del suelo, apenas 0,21 ha fue arriba de 5 cm, siendo el corte máximo de 16 cm.

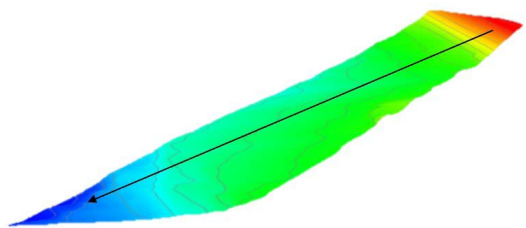
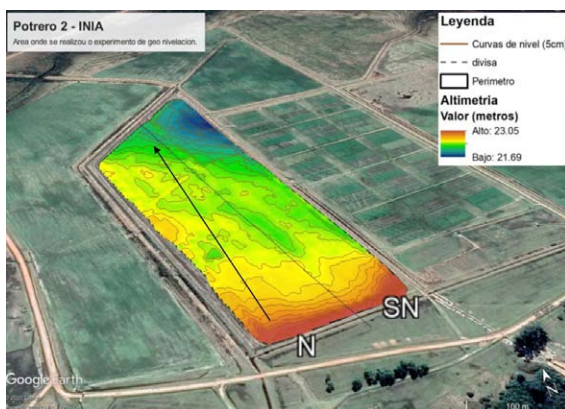


Figura 2. Modelo digital de elevación (con curvas de nivel a cada 5 cm) del potrero de arroz con la mitad geo nivelada (N), y la dirección de la pendiente principal (izquierda), y el proyecto después de la suavización con la flecha en negro indicando la pendiente principal.

En la figura 3 se puede ver la relación entre corte y relleno y el desvío del rendimiento en la mitad suavizada. El rendimiento promedio fue de 12453 kg/ha, por lo que es posible ver según el modelo de regresión, que hubo cierta merma de rendimiento a medida que aumenta el corte en la superficie del suelo.

Por otro lado, se observa también un aumento en el rendimiento, donde se encuentran las zonas de relleno. En la figura 3 también es posible ver las taipas antes de suavizar (en el área original), y después de la suavización, donde no existen más lagunas (almacenamiento superficial de agua) ni coronas.

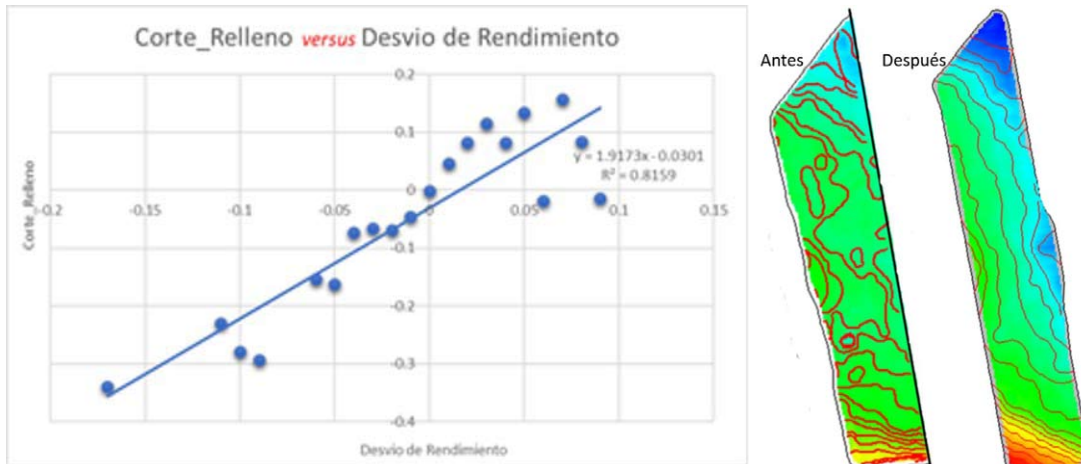


Figura 3. Regresión de la correlación entre corte/relleno y desvío de rendimiento (izquierda), y comportamiento de las taipas (cada 5 cm) antes y después de la suavización visando riego.

Para cuantificar la uniformidad de la altura de la lámina del agua se midieron 192 puntos (figura 4), la parte suavizada presentó una capa de agua más uniforme en comparación con la parte no suavizada.

Para cuantificar la uniformidad de la altura de la lámina del agua se midieron 192 puntos (figura 4), la parte suavizada presentó una capa de agua más uniforme en comparación con la parte no suavizada. En cuanto al muestreo manual, la mitad suavizada tuvo un rendimiento promedio de 13014 kg/ha, y la mitad sin suavizar un promedio de 12294 kg/ha.

En la figura 4 también es posible observar la comparación entre el rendimiento de la cosechadora de la mitad suavizada: prome-

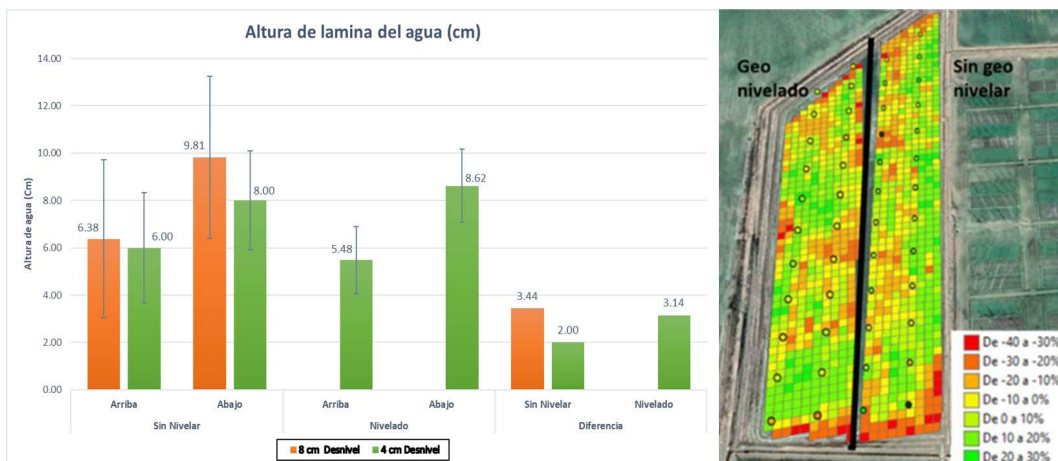


Figura 4. Comparación entre la uniformidad de la lámina del agua (izquierda), y el desvío del rendimiento (cosechadora y muestras manuales), entre la parte geo nivelada (suavizada) y la sin geo nivelar.

Resultados preliminares del potrero de soja: El potrero de soja fue dividido y una mitad fue geo nivelada (suavizada) con foco en riego, donde se conformaron los camellones y en el día 07/12/2019 fue realizada la siembra. La idea central es dar una pendiente principal en el terreno para que el agua fluya en el surco siempre en el sentido definido en el proyecto realizado con la suavización. El movimiento de suelo fue de 104 m³, con la mayoría de los cortes estando debajo de 5 cm, y teniendo como corte máximo 8 cm.

Es importante resaltar que este campo presenta en ambas mitades una zona con suelos con exceso de sodio comúnmente llamada "blanqueal", la cual tuvo una influencia muy negativa en el promedio de rendimiento general.

En el día 11/05/2019 se realizó la cosecha, con una cosechadora equipada con monitor de rendimiento. La parte geo nivelada/camellones tuvo un promedio en la cosechadora de 1940 kg/ha y el muestreo manual arrojó un promedio de 2618 kg/ha. En la parte sin nivelación presentó un promedio en la cosechadora de 1650 kg/ha y en el muestreo manual de 2178 kg/ha.

CONCLUSIONES

En el potrero de arroz, la mitad que fue suavizada presentó una mejor uniformidad de lámina de agua sin presentar una afectación importante en la productividad, aunque hay que tener cuidado con los cortes muy elevados. En el área de soja, la parte suavizada y regada presentó un rendimiento mayor que la convencional.

BIBLIOGRAFÍA

Bueno, M. V.; Parfitt, J. M. B.; Faria, L. C.; Silva, J. T da; Campo, A. S. De.; Massey, J.; Roel, A.; Timm, L.C. 2020. Improving the drainage and irrigation efficiency of lowland soils: Land-forming options for southern Brazil. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(8): 04020019. 8 p. Doi: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%29IR.1943-4774.0001483>

Parfitt, J.M.B.; Silva, C.A.S.; Petrini, J.A. 2004. Estruturação e sistematização da lavoura de arroz irrigado. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap.8, p.237-257.

Streck, E.V.; Kämpf, N.; Dalmolin, R.S.D.; Klamt, E.; Nascimento, P.C. Do; Schneider, P.; Giasson, E.; Pinto, L.F.S. 2008. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: UFRGS: Emater/RS-Ascar, 126 p.

Winkler, A.S. 2018. Variabilidade espaço-temporal de atributos do solo e da produtividade de arroz irrigado em área sistematizada de terras baixas. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. 2018

EFECTO DEL MANEJO DEL RIEGO Y MOMENTO DE COSECHA EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVAR INIA MERÍN

G. Carracelas¹, C. Marchesi², A. Roel²

PALABRAS CLAVE: arroz, cosecha, finalización del riego, retiro de agua

INTRODUCCIÓN

La finalización del riego, así como el momento de cosecha son factores de manejo relevantes que pueden tener impacto en el rendimiento y calidad industrial del grano de arroz. Resultados de investigación previos con el cultivar INIA Olimar obtenidos en años con buenas precipitaciones mostraron que no hubo reducción del rendimiento con retiros de agua a partir de los 20-30 días después de floración (DDF) y que el momento de cosecha óptimo se encontraba a los 45-55 DDF (Carracelas y Marchesi, 2014). Sin embargo, trabajos realizados en la zona Centro con el nuevo cultivar INIA Merín, durante la zafra 2018-2019, sugirieron un incremento significativo de rendimiento en respuesta a la finalización del riego más allá de 20 DDF. El objetivo de este trabajo fue: determinar el manejo de riego más adecuado en relación con la finalización de éste y el momento de cosecha óptimo para el cultivar INIA Merín, a efectos de maximizar el rendimiento y cali-

dad industrial del grano de arroz, en tres sitios ubicados en las tres principales regiones arroceras de Uruguay.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron realizados en tres unidades experimentales ubicadas en Paso Farias (Norte), Pueblo del Barro (Centro) y Paso de la Laguna (Este), durante la zafra 2019-2020. El diseño experimental fue de parcelas divididas con tres bloques, donde el factor principal o parcela grande es el momento de finalización del riego con 3 retiros de agua realizados a los 15 DDF (RA1), 30 DDF (RA2), 45 DDF (RA3) días después de 50% de floración y un cuarto tratamiento sin retiro de agua (RA4). La parcela menor fue el momento de cosecha, que fue realizada a los 45 DDF, 60 DDF y 75 DDF días después de floración (50%). El análisis estadístico se realizó con el software R (paquetes emmeans y nlme) y se realizaron análisis de varianza mediante la prueba de Tukey (R Core Team, 2020). En el cuadro 1 se presentan las fechas en que fueron realizados cada tratamiento en las diferentes regiones arroceras.

Cuadro 1. Fechas, tratamientos de riego (retiros de agua) y momentos de cosecha evaluados.

Retiros de Agua	Norte	Centro	Este	Cosecha	Norte	Centro	Este
RA1 (15DDF)	08-feb	12-feb	23-feb	MC 1 (45 DDF)	09-mar	12-mar	24-mar
RA2 (30DDF)	24-feb	27-feb	09-mar	MC 2 (60 DDF)	26-mar	27-mar	08-abr
RA3 (45DDF)	09-mar	13-mar	24-mar	MC 3 (75 DDF)	03-abr	06-abr	23-abr
RA4 (SR)	sin retiro						

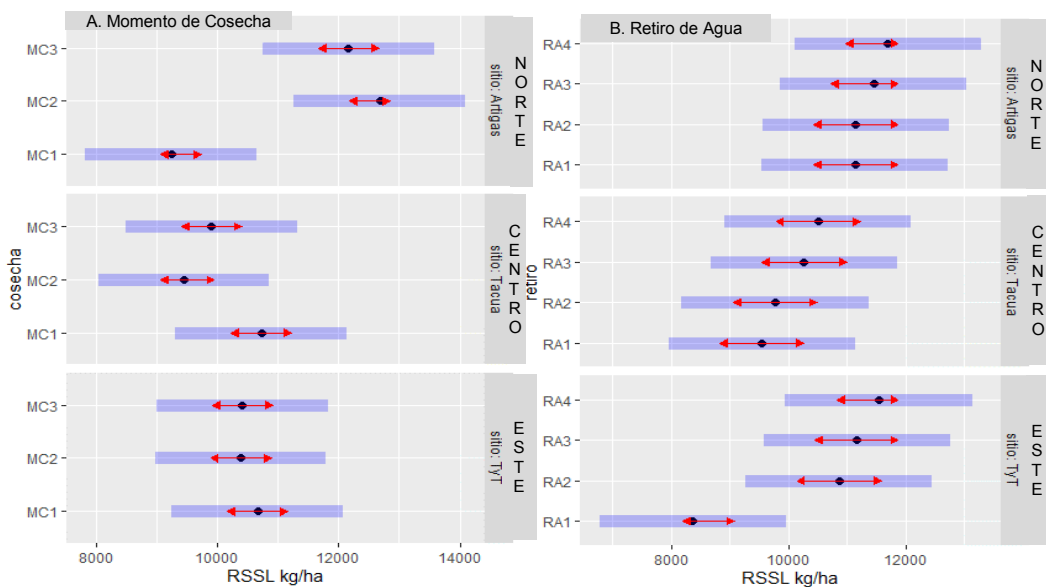
¹ Ing. Agr. MSc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. gcarracelas@inia.org.uy

² Ing. Agr. M.Sc. PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

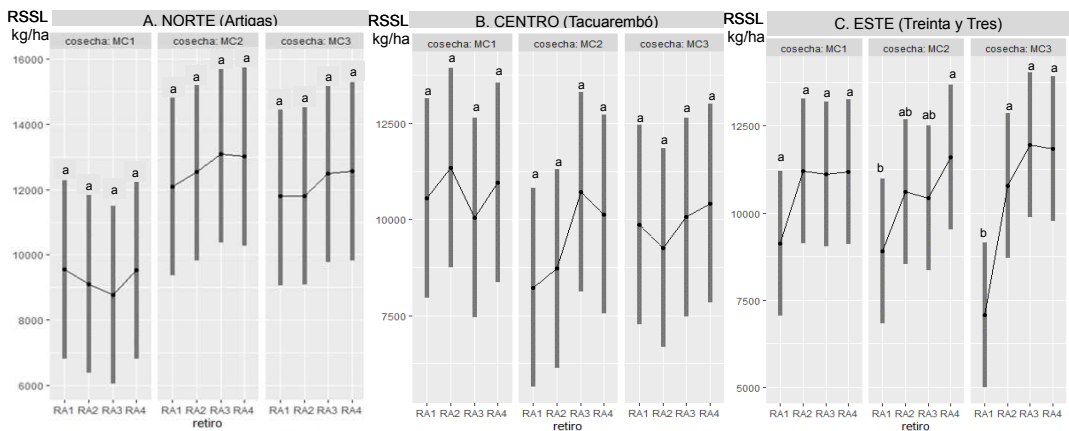
Los distintos momentos de cosecha no determinaron diferencias significativas en rendimiento en el Este y Centro. Sin embargo en el Norte, la cosecha temprana realizada a los 45 DDF determinó un menor rendimiento en

grano en relación con las otras dos cosechas realizadas más tarde a los 60 DDF y 75 DDF (MC2 y MC3) (Figura 1A). Mantener el riego y el suelo inundado hasta 45DDF (RA3), 15 días previo o hasta la cosecha en el tratamiento sin retiro (RA4), determinó un aumento en rendimiento en grano sano seco y limpio en el cultivar INIA Merín (Figura 1B y 2).



Ref: Circulo representa las medias, las barras celestes el error estándar y las flechas rojas el intervalo de confianza por Tukey (P<0.05)

Figura 1. Rendimiento Sano, Seco y Limpio (kg/ha Arroz RSSL) para cada región de acuerdo con: A: momento de cosecha (MC) y B: retiro de agua (RA).



Ref: El círculo representa las medias, las barras el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas dentro de los tratamientos para cada región con una probabilidad inferior al 5% (Tukey, P<0.05).

Figura 2. Rendimiento Sano Seco y Limpio (RSSL) para cada tratamiento de retiro de agua (RA) y momento de cosecha (MC), registrado en cada una de las regiones arroceras A: Norte, B: Centro y C: Este.

Se destacan los buenos rendimientos en grano sano seco y limpio obtenidos en todos los sitios (Norte: 11360 kg/ha, Centro: 10024 kg/ha y Este: 9956 kg/ha) y a su vez la posibilidad de continuar aumentando el rendimiento con este cultivar cuando se mantiene el riego hasta la cosecha (RA3 y RA4). Todos los retiros de agua realizados

previo a la cosecha determinaron en todas las regiones una disminución en el rendimiento relativo (%) en relación con el tratamiento sin retiro de agua (Figura 3). La magnitud en dicha reducción de rendimiento estuvo muy influenciada por las condiciones climáticas durante ese periodo particularmente las precipitaciones.

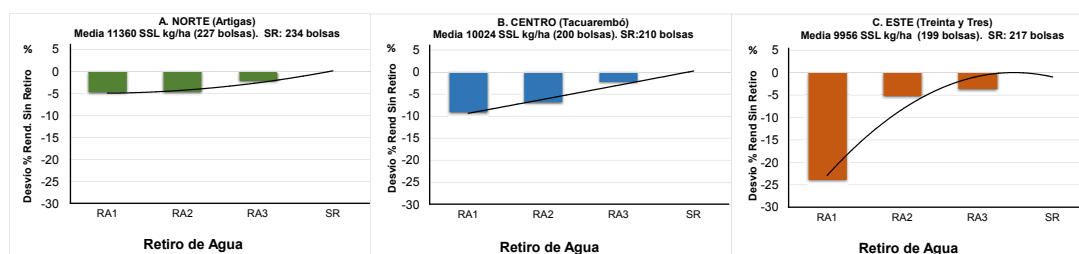


Figura 3. Reducción de rendimiento para cada tratamiento de retiro de agua, expresado como desvío en porcentaje con relación al testigo sin retiro, para cada una de las regiones arroceras de Uruguay.

En el Este se registró la mayor reducción en rendimiento en grano, -24% en RA1. Esto es debido a que luego de retirada el agua a los 15DDF no llovió y el suelo se secó a diferencia de lo ocurrido en las otras regiones, determinando una reducción de 2600 kg/ha. La reducción fue de -550 kg/ha (-5%) y -400 kg/ha (-4%) (SSL) en RA2 y RA3 respectivamente. En la zona Centro el desvío fue de -950 kg/ha (-9%) en RA1, -750 kg/ha (-7%) en RA2 y -250 kg/ha (-2%) en RA3, y en la zona Norte esta reducción fue de -550 kg/ha en RA1, RA2 (-5%) y de -250 kg/ha en RA3 (-2%), en relación con el tratamiento sin retiro de agua (RA4). Los resultados obtenidos en este primer año indican que sería conveniente finalizar el riego unos días previo a la cosecha (máximo 2 – 3 semanas), dejando resumir la lámina de agua de manera de capitalizar las ventajas asociadas a una cosecha en seco. El efecto de finalización del riego en el rendimiento en grano de arroz está muy influenciado por las condiciones climáticas principalmente las precipitaciones que permiten mantener el suelo saturado por un mayor periodo. El cultivar INIA Merín tiene un ciclo más largo a floración y una mayor duración del periodo de llenado de grano en

relación con INIA Olimar. Resulta importante considerar un mayor requerimiento de agua de este cultivar para presupuestar adecuadamente las necesidades totales hídricas y contar con agua suficiente durante todo el ciclo del cultivo de manera de lograr el alto potencial de rendimiento de esta variedad.

CONCLUSIONES

Resultados preliminares indican que la finalización del riego en INIA Merín a partir de los 45 DDF (RA3), permitieron aumentar el rendimiento de arroz en bolsas sanas secas y limpias cosechados.

Las cosechas realizadas a partir de los 60 días luego de 50% floración, determinaron el mayor rendimiento en grano sano seco y limpio, particularmente cuando los retiros de agua fueron realizados próximos a la cosecha (RA3 y RA4).

Los resultados presentados en esta publicación son preliminares ya que fueron registrados en una sola zafra del cultivo. Esta línea de investigación continuará en las siguientes zafras.

BIBLIOGRAFÍA

Carracelas, G.; Marchesi, C. 2014. Retiro de agua y momento de cosecha zona Centro y Norte. In: Presentación resultados experimentales de arroz Zafra 2013-2014. Montevideo: INIA. p. 39-41 (INIA Serie Actividades de Difusión 738)

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria <http://www.R-project.org/>.

EFECTOS DEL MANEJO DEL RIEGO Y VARIEDADES EN LOS NIVELES DE ARSÉNICO ACUMULADO EN ARROZ^a

G. Carracelas¹, J. Hornbuckle², M. Verger³, R. Huertas³, S. Ricetto⁴, F. Campos⁴, A. Roel⁴

PALABRAS CLAVE: As, AWD, *índicas*, inorgánico, japónicas, rendimiento

INTRODUCCIÓN

El arroz es el componente básico más importante de la dieta humana en todo el mundo. El sector arrocerero enfrenta al desafío de lograr altos rendimientos para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos manteniendo la calidad y seguridad alimentaria. El objetivo fue determinar la acumulación de arsénico inorgánico (iAs) en el grano de arroz en dos sitios de suelos contrastantes. A su vez se busca identificar técnicas de manejo de riego que podrían usarse como prácticas de mitigación para limitar o reducir la acumulación de iAs en el grano, así como también determinar diferencias en los niveles de iAs dentro de las variedades de arroz más sembradas en Uruguay

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 5 experimentos en 2 unidades experimentales ubicadas en Artigas-Paso Farías (PF) y Treinta y Tres: Paso de la Laguna (PdL), durante 3 zafas del cultivo de arroz, 2014-2017 (Figura 1.I). El diseño experimental fue de parcelas divididas con 4 bloques, incluyendo dos tratamientos de riego: inundado continuo (C) y un riego con periodos de mojado secado alternos (AWD) y 4 variedades (Figura 1.II). En el tratamiento C, la inundación comenzó 15-20 días después de la emergencia y se mantuvo durante todo el ciclo del cultivo con una lámina de agua de 10 cm. El tratamiento AWD permitió que el suelo se secase periódicamente (agotamiento del 50% del agua disponible del suelo) hasta primordio. Después de este período, se manejó como el riego C. Las parcelas divididas incluyeron diferentes variedades: *índicas* (INIA Merín, INIA Olimar, El Paso 144) y japónicas (Parao, INIA Tacuarí). El análisis estadístico se realizó con el software R (paquetes *emmeans* y *nlme*) donde se realizaron análisis de varianza mediante la prueba de Tukey (R Core Team, 2020).

^a El presente artículo es una síntesis de un trabajo publicado por los mismos autores: Irrigation management and variety effects on rice grain arsenic levels in Uruguay. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2019.

¹ Ing. Agr. M.Sc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz gcarracelas@inia.org.uy

² B.Sc. M.Sc. Ph.D. Deakin University. Faculty of Sc. Eng. & Env. CeRRF. Australia

³ Quím. Farm. M.Sc. LATU

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Estudiante de Doctorado Fagro-UDELAR

⁵ Ing. Agr. Estudiante de Maestría Fagro-UDELAR

⁶ Ing. Agr. M.Sc. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

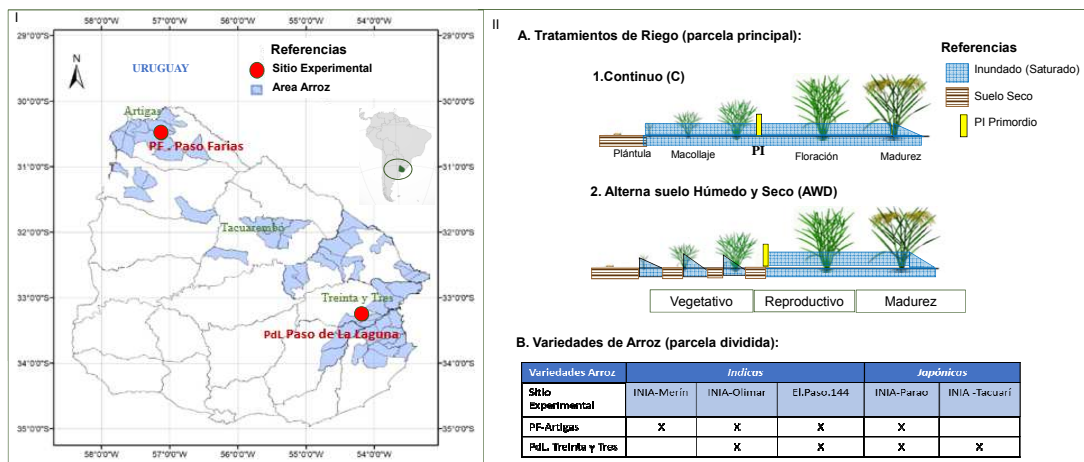


Figura 1. I.Ubicación de los dos sitios experimentales en Uruguay. II. Tratamientos de riego (C - AWD) y Variedades (*indicas* y japónicas) evaluados en Paso Farías (PF), Norte y Paso de la Laguna (PdL), Este.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Los niveles de arsénico registrados en el agua de riego y en los suelos fueron muy bajos, lo que resultó en niveles bajos de iAs acumulados en el grano de arroz en ambos sitios. El As total en los suelos estuvo muy por debajo

del límite canadiense para suelos agrícolas de 12 mg/kg (CCME) y el As en el agua estuvo por debajo de los límites para el agua de superficie de riego de 0,05 mg/L (Clase 2^a) y 0,005 mg/L (Clase 3) (Decreto N° 253/79, 1979). Los niveles de iAs registrados en grano en PdL fueron significativamente más altos en relación con el sitio de PF (Cuadro 1).

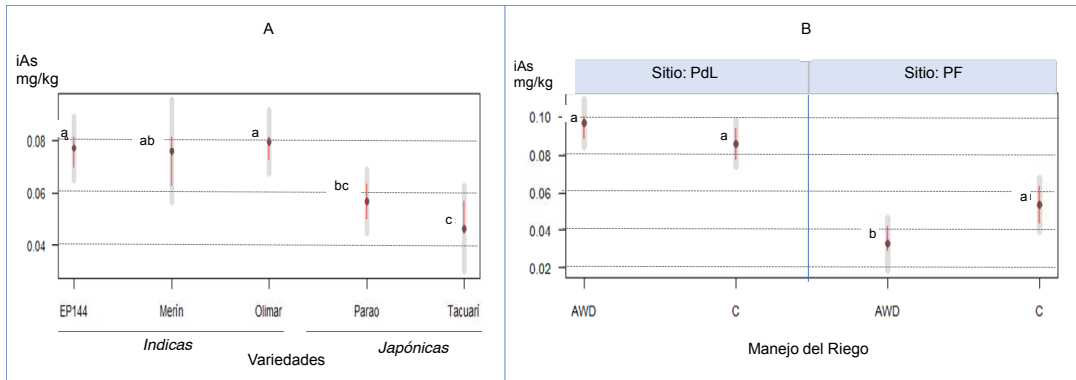
Cuadro 1. Contenido de Arsénico en el suelo, agua y niveles de iAs acumulados en el grano de arroz pulido por sitio.

Criterio de clasificación Sitio	Arsénico (As) en <u>Suelos</u> a la siembra		Arsénico en <u>Agua</u>	Arsénico Inorgánico en <u>Grano</u>
	Total (tAs mg/kg)	Bio-disponible (bioAs µg/L)	(As mg/L)	(iAs mg/kg)
PdL – Paso de la Laguna	3,62 a	30,30 a	0,00272 a	0,091 a
PF – Paso Farías	2,14 b	15,21 b	0,00176 b	0,043 b
Promedio	2,88	22,76	0,00224	0,067
P<0.05	***	***	***	***

Letras distintas indican diferencias significativas con una probabilidad menor al 5% (P < 0,05). Ref.: *** 0,01 ** 0,05.

Es importante destacar que en todos los casos los niveles de iAs promedio acumulados en el grano de arroz (0,07 mg/kg), estuvieron muy por debajo de los límites internacionales, CODEX ALIMENTARIUS (iAs < 0,20 mg/kg) (FAO and WHO, 2020), incluso bajo riego continuo (Figura 2). En relación con las prácticas de mitigación evaluadas, las

variedades japónicas tuvieron una menor acumulación de iAs en el grano de arroz, en comparación con las indicas en ambos sitios (Figura 2.A). La acumulación de iAs en el grano de arroz se puede reducir aún más mediante la implementación de AWD en ciertos tipos de suelo (PF) como se observa en la figura 2.B.

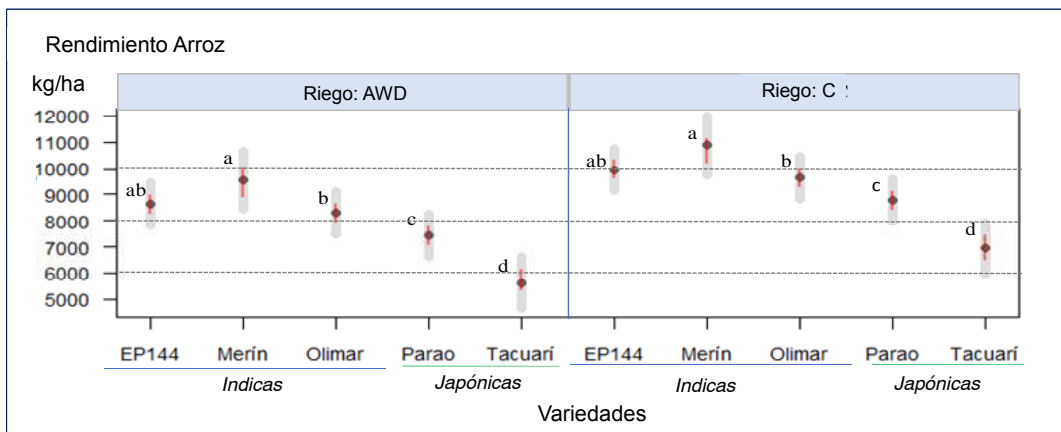


Referencias: Los círculos negros representan las medias, las líneas rojas indican el intervalo de confianza (Tukey) Letras diferentes indican diferencias significativas dentro de los tratamientos con una probabilidad menor al 5%.

Figura 2. Arsénico inorgánico (iAs) acumulado en grano de arroz pulido: A. en distintas variedades (*índicas*: EP144, INIA Merin e INIA Olimar vs *japónicas*: Parao, INIA Tacuari) y B. en los distintos manejos de riego evaluados en cada sitio.

El tratamiento de riego AWD resultó en una reducción significativa del rendimiento del 14% en relación con el riego tradicional C. A

su vez las variedades japónicas registraron rendimientos más bajos de grano de arroz en relación con las *índicas* (Figura 3).



Referencias: Los círculos negros representan la media, las líneas rojas indican el intervalo de confianza (Tukey). Letras distintas son significativamente diferentes con una probabilidad inferior al 5% (P<0.05)

Figura 3. Rendimiento en grano de arroz (kg/ha, 14% de humedad) para diferentes variedades en cada técnica de riego evaluado (AWD – C).

CONCLUSIONES

Los niveles de arsénico inorgánico (iA) acumulados en el grano de arroz pulido cultivado en Uruguay fueron en promedio de 0,07 mg/kg quedando muy por debajo del límite propuesto por las normas internacionales de seguridad alimentaria, incluso bajo la técnica tradicional de riego continuo.

La implementación del manejo de riego alternativo AWD en ciertos tipos de suelo

puede reducir aún más la acumulación de iAs en el grano de arroz. Esta técnica determinó una reducción en el rendimiento en grano del 14% en relación con el riego continuo.

Las variedades japónicas tuvieron una menor acumulación de iAs en el grano de arroz, en comparación con las *índicas* en ambos sitios, pero las variedades *índicas* registraron mayores rendimientos en grano en relación con las japónicas.

BIBLIOGRAFÍA

CCME (Canadian Council of Ministers of the Environment) Canadian environmental quality guidelines. Available at:
<http://st-ts.ccmec.ca/en/index.html?chems=9&chapters=4>

IMPO. 1979. Decreto N° 253/79. Registro nacional de leyes y decretos, Montevideo, Uruguay, 31 de mayo de 1979. Disponible:
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations); WHO (World Health Organization) 2020. Codex alimentarius: International food standards. FAO, WHO. General standard for contaminants and toxins in food and feed. CXS 193-1995. Consultado:
http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf

R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria <http://www.R-project.org/>

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

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

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

INTRODUCCIÓN

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

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

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

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

MATERIALES Y MÉTODOS

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

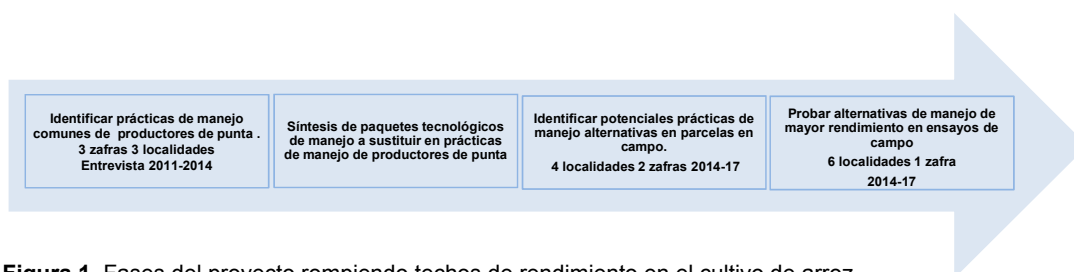


Figura 1. Fases del proyecto rompiendo techos de rendimiento en el cultivo de arroz.

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

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

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

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

⁴ Ing. Agr. M.Sc. Técnico Referente

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

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

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

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

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

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

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

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

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

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

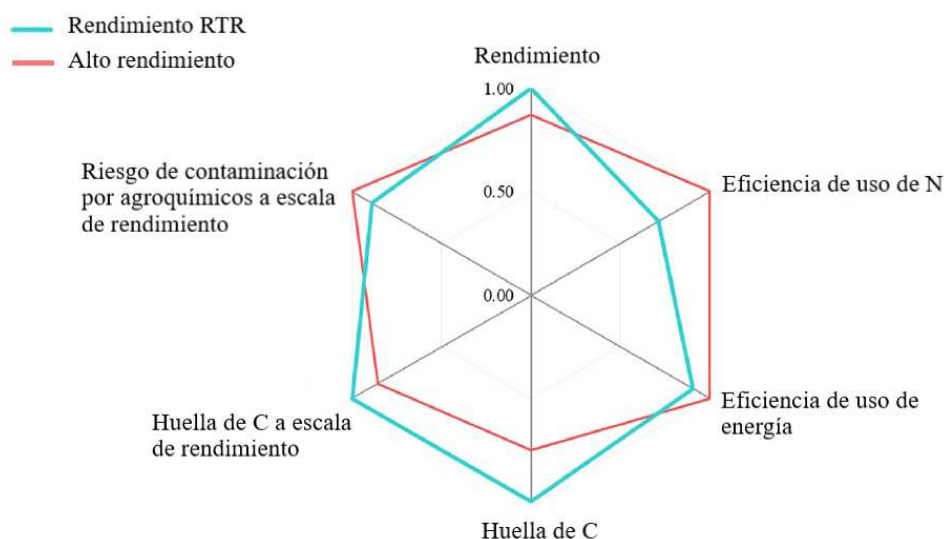


Figura 2. Comportamiento relativo de indicadores de eficiencia y ambientales de los de las tecnologías y manejos asociadas a los productores de arroz de alto rendimientos vs propuesta de manejo de mayor productividad.

CONCLUSIONES

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

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

BIBLIOGRAFÍA

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

ANÁLISIS ECONÓMICO DE ROTACIONES ARROCERAS CONTRASTANTES

F. Puig¹, J. Tarán¹, J. A. Terra², I. Macedo³

PALABRAS CLAVE: margen bruto, sistemas de producción, sostenibilidad económica

INTRODUCCIÓN

En Uruguay el arroz ha alternado históricamente el uso del suelo con la ganadería, mediante rotaciones con pasturas sembradas o regeneradas muy diversas y ocasionalmente otros cultivos que ha contribuido significativamente a su sostenibilidad productiva, económica y ambiental, diversificando ingresos y reduciendo riesgos (Deambrosi, 2003).

El análisis de 10 años de la UPAG (1999-2009) en un sistema intensivo con arroz 40% del tiempo en rotación con pasturas y verdes mostró márgenes brutos positivos del sistema en el 90% de los años (Lanfranco, 2009), con niveles de productividad promedio de arroz para la época (6690 kg/ha) (Deambrosi y Bonilla, 2009) y destacados para carne vacuna y ovina (138 kg/ha de carne en el sistema) (Rovira y Bonilla, 2009).

Sin embargo, en Uruguay el 70% de los productores son arrendatarios y arroceros puros, que a pesar del aumento sostenido del rendimiento nacional de arroz hasta los 8.300 kg/ha, en la última década tuvieron varias zafras con resultados económicos negativos debido a los altos costos de producción del cultivo (Sanguinetti, 2018) Esto ha provocado una reducción del área sembrada y la

perdida de productores en el sector, amenazando su sostenibilidad económica.

Es necesario diseñar sistemas de producción que contribuyan a explorar los potenciales de rendimiento alcanzables, con menor costo, eficientes, diversificando los ingresos y que mejoren la sinergia entre los rubros y su resultado económico.

Sobre un experimento de rotaciones arroceras de largo plazo instalado en 2012 en la Unidad Experimental del Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres con distintas combinaciones de arroz, pasturas y cultivos se evaluaron sus resultados productivos y económicos a través del margen bruto, los ingresos y costos durante 3 zafras como parte de una tesis de grado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información del experimento fue detallada en el anterior artículo en esta misma publicación. Se evaluaron 6 rotaciones (Cuadro 1) en todas sus fases simultáneamente y replicadas 3 veces en el espacio: 1) arroz-pastura larga (Az-PL); 2) arroz-pastura corta (Az-PC); 3) arroz-soja-pastura (Az-Sj-P; 4) arroz-cultivos (Az-Cultivos); 5) arroz-soja (Az-Sj); y; 6) arroz continuo (AzC). Raigrás o trébol alejandrino fueron sembrados como coberturas entre los cultivos de grano.

¹ UDE. Bach. Tesista de grado

² Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

³ Ing. Agr. M.Sc. INIA-UC Davis. Estudiante Doctorado.

Cuadro 1. Sistemas de rotación contrastados y largo de la rotación (años) en el experimento de rotaciones arroceras de largo plazo.

ROTACIÓN	DURACIÓN DE LA ROTACIÓN (AÑO)											
	1		2		3		4		5		6	
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
AZ-CONTINUO	ARROZ	TA										
AZ-SOJA	ARROZ1	LM	SOJA	TA								
AZ-CULTIVO	ARROZ2	LM	SOJA	TA	ARROZ2	TA	SORGO	TA				
AZ-PPCORTA	ARROZ	TREBOL ROJO + RAIGRASS										
AZ-SOJA-PPCORTA	ARROZ1	LM	SOJA1	LM	SOJA2	TA	ARROZ2	FESTULOLIUM + LOTUS				
AZ-PPLARGA	ARROZ1	LM	ARROZ2	FESTUCA + LOTUS + TREBOL BLANCO								

Se consolidó una base de datos física por rotación y fase con labores realizadas, insumos utilizados y rendimiento de cada cultivo. Para el cálculo de renta, agua, flete, secado, mano de obra, gastos de administración, impuestos e intereses, se utilizó información de ACA. El precio de insumos fue obtenido de proveedores. El gasto de gasoil en base a CUSA. Se asumió maquinaria propia y mantenimiento básico sin incluir depreciación. Los ingresos se calcularon en base al rendimiento y el precio de granos y carne de cada zafra. Se calcularon los costos totales (CT) y el ingreso bruto (IB) para cada fase, se cuantificaron los márgenes brutos experimentales para cada componente de las rotaciones, mediante la diferencia entre CT-IB. Luego se

calculó la estructura de costos para cada sistema, lo que permitió generar así el margen bruto experimental en USD/ha.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Es importante resaltar que los resultados corresponden a un experimento con niveles de productividad por encima del promedio nacional (Cuadro 2) que buscó explorar los rendimientos alcanzables de los sistemas. El rendimiento medio de arroz fue 10.150 kg/ha y la producción de carne estimada (244 kg/ha), algo mayor al promedio de 10 años de la UPAG. La productividad de la soja y el sorgo fueron 12% por encima de los promedios nacionales.

Cuadro 2. Productividad media de arroz, soja, sorgo y estimación de producción de carne durante tres zafras para cada componente del experimento de rotaciones arroceras.

Rotación	ARROZ	SOJA	SORGO	CARNE
	-----kg/ha-----			
Az-Continuo	9.360 ± 627			
Az-Cultivo	10.457 ± 822	2.154 ± 881	4.037 ± 782	
Az-Pastura Corta	10.313 ± 643			221
Az-Pastura Larga	9.848 ± 850			291
Az-Soja-Pastura	10.317 ± 613	2.361 ± 695		221
Az-Soja	10.402 ± 255	2.569 ± 749		

Las rotaciones con cultivos presentaron 26% más costos que aquellas que incluyeron pasturas en la rotación (USD 1.120/ha). El ingreso bruto promedio fue 1.428 USD/ha, el máximo fue observado en AzC y el mínimo en Az-Sj-P (Cuadro 3). El mayor margen bruto fue observado en Az-PL que fue 78% mayor a la media de 146 USD/ha de todas las rotaciones y el menor en AzC que fue el único negativo. Las rotaciones que incorporaron otros cultivos a su sistema, como Az-Sj y Az-Cultivos tuvieron un margen bruto 17 y 4% superior al promedio respectivamente. Por otro lado, los sistemas que incluyeron pasturas presentaron menor coeficiente de variación en el margen bruto que aquellos puramente agrícolas (40% vs 282%, respectivamente). Las rotaciones con pasturas tuvieron mayor estabilidad temporal del MB asociado a su mayor diversidad de ingresos. En todos los escenarios, las rotaciones con mayor proporción de pradera tuvieron mejor resultado que las de menor proporción. Esto se explica por la duración de estas, ya que la de menor costo anual fue la de mayor frecuencia, Az-PL (197 USD/ha/año), seguida por Az-Sj-P (249 USD/ha/año) y, por último, la de mayor costo fue la de menor frecuencia, Az-PC (319 USD/ha/año).

Analizando las fases de cada rotación se observó que los mayores ingresos y costos ocurren en las fases arroceras (Cuadro 3). El arroz más costoso fue el continuo (1837 USD/ha), mientras que los de Az-PL fueron

10% más baratos. El mayor margen bruto (418 USD/ha) se obtuvo en el 2do arroz luego de soja de Az-Cultivos debido a su mayor rendimiento respecto al de las otras rotaciones. El arroz continuo tuvo margen bruto negativo (-22 USD/ha) y fue el peor de todas las fases arroceras.

El mayor margen bruto ganadero se observó en Az-PL, 76% por encima de la media (151 USD/ha) explicado por la mayor duración y productividad de la pastura con relación a la de las otras rotaciones. El menor margen bruto ganadero fue observado en Az-PC (-22 USD/ha), explicado por la menor duración y productividad de la pastura, por lo tanto, menor amortización.

Aunque la soja de Az-Sj fue 6% más cara que la media del cultivo (USD 713/ha), también fue la de mayor ingreso (USD 848/ha) por su mayor productividad relativa (2569 kg/ha) y por ende la de mejor margen bruto que fue 61% mayor al promedio (55 USD/ha). El peor margen bruto sojero fue en Az-Cultivos, asociado al menor rendimiento relativo del cultivo en esa rotación (9% inferior a la media).

La fase ganadera de Az-PL tuvo la menor variabilidad del margen bruto (± 43 USD/ha/año) por la estabilidad de producción de forraje de la festuca y leguminosas. El mayor margen bruto se identificó en la fase sojera de Az-Cultivos explicado por la alta productividad de la soja en esa rotación.

Cuadro 3. Indicadores económicos para cada fase de las seis rotaciones arroceras representadas en el Experimento de Largo Plazo. Costos, Ingreso Bruto y Margen Bruto (USD/ha/año) y desvío standard (USD/ha/año) por rotación y fase durante tres zafras.

Rotación/Fase	Costos			Ingreso Bruto			Margen Bruto*		
	USD/ha/año								
Az Continuo	1837	±	18	1815	±	155	-22	±	153
Arroz	1837	±	18	1815	±	155	-22	±	153
Az-Cultivos	1194	±	36	1346	±	135	152	±	108
Arroz1	1681	±	36	1886	±	138	199	±	166
Soja	698	±	43	711	±	291	3	±	240
Arroz2	1751	±	35	2169	±	109	418	±	93
Sorgo	632	±	48	618	±	154	-14	±	130
Az-PPCorta	1348	±	14	1499	±	90	152	±	76
Arroz	1672	±	28	1997	±	132	325	±	107
Pastura	1023	±	6	1001	±	73	-22	±	67
Az-PPLarga	1063	±	22	1323	±	66	260	±	78
Arroz1	1698	±	23	2002	±	156	304	±	219
Arroz2	1621	±	83	1816	±	174	195	±	123
Pastura	666	±	6	933	±	132	267	±	43
Az-Soja-PPCorta	990	±	30	1155	±	92	165	±	64
Arroz1	1665	±	68	1931	±	173	266	±	121
Soja1	679	±	37	742	±	235	63	±	199
Soja2	715	±	42	779	±	229	64	±	188
Arroz2	1681	±	33	2069	±	76	388	±	106
Pastura	601	±	25	1410	±	67	210	±	91
Az-Soja	1259	±	25	1432	±	158	172	±	136
Arroz	1760	±	35	2015	±	85	255	±	62
Soja	759	±	32	848	±	247	89	±	216

* Margen Bruto después de renta

CONCLUSIONES

Los sistemas arroceros integrados a pasturas y/o cultivos mejoraron el resultado económico respecto al arroz continuo. El arroz sembrado luego de pasturas o soja explora los rendimientos potenciales alcanzables y tiene mejores márgenes que sobre rastro-

jos de arroz o sorgo. La incorporación de la soja en sistemas arroz-pasturas permitiría mejorar el resultado económico de las fases del cultivo de arroz. Existen alternativas de diseños del sistema para explotar sinergias (económicas, productivas y ambientales) o buscar arreglos “ganar-ganar” entre los rubros.

BIBLIOGRAFÍA

Deambrosi E. 2003. Rice production system in Uruguay and its sustainability. In Proceedings of the III International Conference of Temperate Rice, Punta del Este, Uruguay, INIA.

Deambrosi, E.; Bonilla, O. 2009. Producción de arroz In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo: INIA, 2009. p. 41-50 (INIA Serie Técnica; 180)

Lanfranco, B. 2009. Análisis económico de la UPAG Comercial: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo: INIA, 2009. P. 51-78 (INIA Serie Técnica; 180)

Rovira, P.J.; Bonilla, O. 2009. Desempeño productivo de los ovinos en la UPAG. In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo: INIA, 2009. p. 29-40 (INIA Serie Técnica; 180)

Sanguinetti, M.N. 2018. Costo de la producción de arroz en el Uruguay. Tendencia y zafra 2017-18. *Revista Arroz*, 92 (65). p 24-28.

LA INTENSIFICACIÓN DEL AGROECOSISTEMA ARROZ PASTURA AFECTA LA EFICIENCIA DE USO DE LA ENERGÍA

I. Macedo¹, J. A. Terra², G. Siri-Prieto³, J. I. Velazco⁴, L. Carrasco-Letelier⁵

PALABRAS CLAVE: huella ambiental, pasturas perennes, rotación de cultivos

INTRODUCCIÓN

El aumento sostenible de la producción de arroz implica el rediseño de los sistemas agrícolas para mitigar los impactos ambientales, aumentar la eficiencia productiva y mantener los servicios ecosistémicos. La intensificación ecológica en el cultivo de arroz está asociada a compartir o alternar el uso de la tierra con otras actividades como en los sistemas arroz-soja usados en Estados Unidos y Brasil o los sistemas de rotación arroz-ganadería desarrollados en la eco-región de pastizales templados de América del Sur. Alternativas de intensificación ecológica que aumentan la eficiencia energética incrementarían el consumo global de energía (paradoja de Jevons). En este sentido, no todas las formas de intensificación agrícola tendrán consecuencias ambientales tolerables.

Por lo tanto, para diferenciar las opciones de intensificación disponibles por su sostenibilidad ambiental es necesario evaluar mejor cuál es su eficiencia energética. En este sentido se deberían considerar en forma conjunta el rendimiento energético y el rendimiento agrícola. Es decir, los insumos energéticos (EI) y el equivalente energético producido (EP) que queda incorporado en la biomasa cosechada. La razón entre EP y EI corresponde a la rentabilidad energética de la energía invertida (EROI). Un índice que se ha estudiado internacionalmente en cultivos

aislados, pero no para evaluar prácticas de manejo, la inclusión de leguminosas para reducir el uso de nitrógeno o sistemas de manejo para reducir el uso de pesticidas. A esto se suma que los agroecosistemas de rotación arroz-pastura son raros a nivel mundial, excepto en algunas zonas del cono sur.

Existe interés en intensificar o diversificar los sistemas arroz-ganadería, mediante la incorporación de pasturas más cortas y de mayor productividad y, eventualmente, de otros cultivos a la rotación. Es necesario analizar la sostenibilidad relativa de las diferentes alternativas de rotación para optimizar su productividad, la eficiencia en el uso de los recursos y mitigar sus potenciales impactos ambientales. Este trabajo es un resumen del artículo científico de Macedo *et al.* (2021) que evaluó el EROI de algunas rotaciones arroceras del experimento de largo plazo de INIA Treinta y Tres (LTE-RC) con el propósito de jerarquizarlas e identificar las etapas que deberían ser optimizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la información de la base de datos del LTE-RC, en particular de las rotaciones: arroz con pasturas largas (R-P_L), arroz con pasturas cortas (R-P_S), arroz alternado con cultivos de soja (R-S) y arroz continuo (R_C) (Cuadro 1) ya descritas anteriormente en esta misma publicación.

El alcance del desempeño energético evaluado siguió un enfoque de evaluación del

¹ Ing. Agr. MSc. INIA-UC Davis. Estudiante Doctorado

² Ing. Agr. Ph.D. INIA. Director Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

³ Ing. Agr. Ph.D. Universidad de la República, Facultad de Agronomía Estación Experimental Mario Cassinoni (EEMAC)

⁴ Ing. Agr. Ph.D. Programa Nacional de Investigación en Carne y Lana. INIA

⁵ B.Q. Dr. Programa Nacional de Investigación en Sustentabilidad Ambiental. INIA

ciclo de vida, con un inventario de ciclo de vida (LCI) que incluyó las entradas y salidas desde la cuna hasta la puerta del predio. Se consideraron las energías involucradas en el transporte de los insumos, productos, maquinarias y combustibles. El trabajo manual, la radiación solar y la fijación biológica de nitrógeno no fueron consideradas. Los resultados de la EP y la EI de cada rotación se expresaron en MJ/ha/año. El EROI se expresó como MJ/MJ. El LCI consideró todas las entradas y salidas de las etapas de siembra,

post-siembra (fertilización aplicación de plaguicidas) y operaciones de cosecha.

Toda la información usada en el LCI fue tomada de los registros del LTE-RC, la Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios y entrevistas a empresas que realizan operaciones específicas (por ejemplo, fertilizaciones aéreas). La energía producida se expresó en MJ/ha considerando el rendimiento de grano de arroz, el cultivo de soja y la producción estimada de carne en las rotaciones.

Cuadro 1. Rotaciones de cultivos arroceros. PV: primavera-verano, OI: otoño-invierno (Macedo *et al.* 2018, Macedo *et al.* 2021).

Rotación	Año										
	1		2		3		4		5		
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	
Rc	Arroz	cc									
R_Ps	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura							
R_PL	Arroz	cc	Arroz	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura	Pastura
R-S	Arroz	cc	Soja	cc							

cc= cultivo de cobertura

Cuadro 2. Fertilización (N-P-K) usada en cada fase de rotación (Macedo 2018, Macedo *et al.* 2021).

Rotación	Fase	kg/ha		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Rc	Arroz	166	75	51
R-S	Arroz	79	61	63
	Soja	5	91	45
R_Ps	Arroz	99	15	72
	Pastura	23	45	22
R_PL	Arroz 1	79	15	31
	Arroz 2	83	15	44
	Pastura	23	137	23

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

El cultivo de arroz en rotación con soja y el primer cultivo de arroz de R-PL registraron la mayor EP, mientras que los arroces sembrados en rastrojos (el segundo arroz de R-PL y Rc) mostraron los valores inferiores. En términos de EI, se observó que el cultivo de arroz en Rc presentó un 25% más de EI que el resto de los cultivos de arroz en rotación. Los cultivos de arroz registraron valores aproximados de EROI de 7 MJ/MJ, a

excepción de Rc que registró un valor de 5,7 MJ/MJ (Figura 1). La EROI de las fases con pastura, cuando se consideró la producción animal, fueron las más bajas entre todas las fases; en cambio, cuando no se tomó en cuenta la producción animal y se contabilizó solo la producción de forraje, los valores obtenidos fueron los mayores.

Los mayores consumos de energía fueron dados por el consumo de fertilizantes nitrogenados y los sistemas de riego, en particular en el arroz continuo (Figura 2).

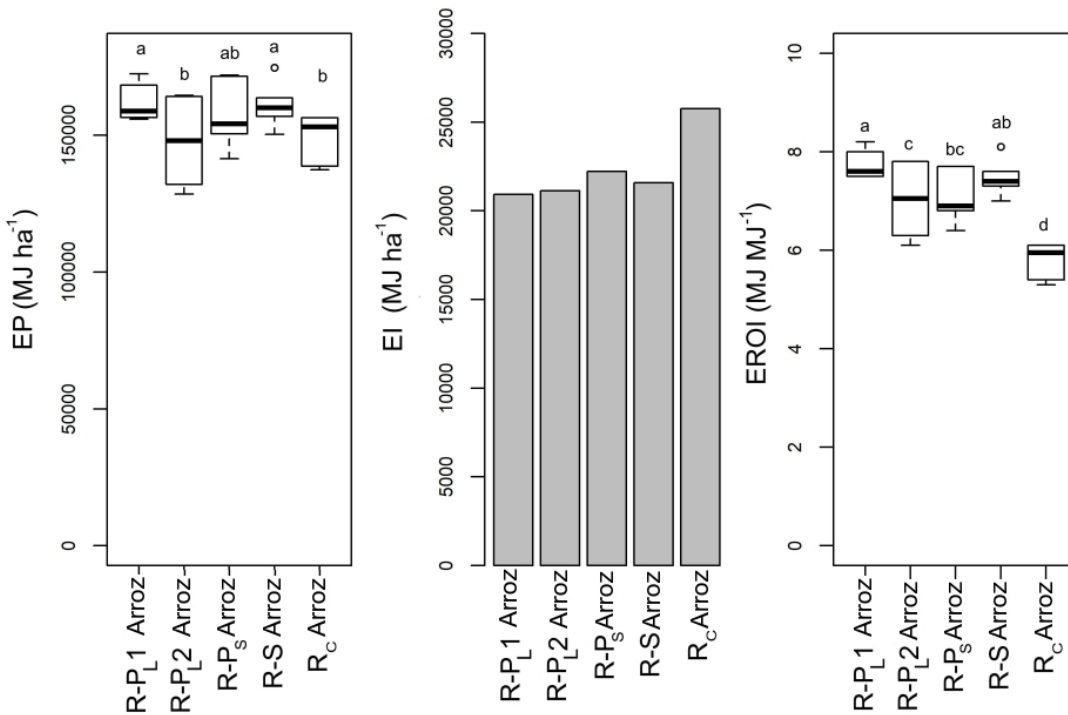


Figura 1. Información energética para el cultivo de arroz en diferentes sistemas de rotación: arroz continuo (R_C); arroz-soja (R-S); arroz y pastura corta (R-P_S), del 1er arroz y el 2do arroz de la rotación con pasturas largas (R-P_L). EI: energía consumida; EP: energía producida y EROI: retorno energético de la energía invertida (Macedo 2018, Macedo *et al.* 2021).

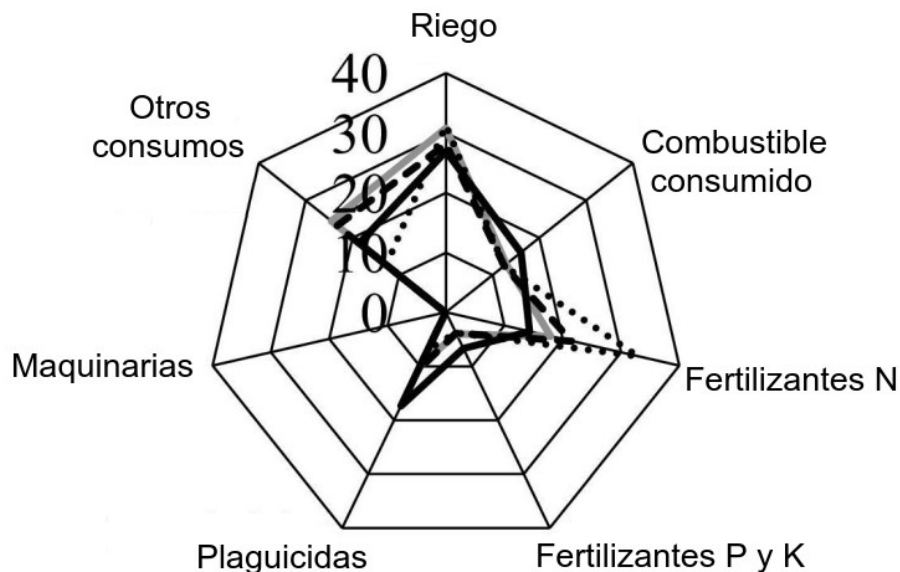


Figura 2. Distribución porcentual de la energía consumida en 4 rotaciones de cultivo arroceras: arroz continuo (R_C , puntos negros); arroz-soja ($R-S$, línea negra); arroz y pastura corta ($R-P_s$, segmentos negros), 1er arroz y 2do arroz de la rotación con pasturas largas ($R-P_l$, línea gris) (Macedo 2018, Macedo *et al.* 2021).

CONCLUSIONES

Existen alternativas de intensificación para los sistemas de producción de arroz que mejoran la eficiencia energética en comparación con rotaciones de pasturas largas. La rotación arroz-soja elevó el EROI en comparación con la rotación de arroz con pastura larga, cuando la producción animal fue contabilizada. En cualquier caso, la rotación arroz-pastura consumió menos energía, lo que la hace más sostenible. Además, los cultivos de arroz que rotaron con soja o pasturas requirieron menos consumos de energía invertida y lograron una mejor eficiencia en el uso de energía que el sistema arroz continuo.

BIBLIOGRAFÍA

- Macedo, I. 2018. Calidad de suelos y eficiencia de uso de energía en rotaciones arroceras contrastantes. Tesis de Magíster en Ciencias Agrarias, UdelaR, Uruguay.
- Macedo, I.; Terra, A.J.; Siri-Prieto, G.; Velazco, J.I.; Carrasco-Letelier, L. 2021. Rice-pasture agroecosystem intensification affects energy use efficiency. *Journal of Cleaner Production*, 278, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123771>

PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL USO DEL N EN EL CULTIVO DE ARROZ EN ROTACIONES DE INTENSIDAD VARIABLE

I. Macedo¹, J. Castillo², S. Riccetto², A. Bordagorri³, J. A. Terra⁴

PALABRAS CLAVE: factor parcial productividad N, intensificación sostenible, pasturas

INTRODUCCIÓN

En Uruguay, el cultivo de arroz alterna generalmente el uso del suelo con la ganadería rotando con pasturas sembradas o regeneradas y ocasionalmente con otros cultivos (Molina *et al.*, 2019). Este sistema de producción, más o menos integrado, ha permitido incrementos sostenidos de la productividad con un uso relativamente bajo de fertilizantes, especialmente nitrogenados (Pittelkow, 2016). Así, la eficiencia de uso de N (EUN) en el cultivo, expresada como el factor parcial de productividad de N (FPPN: kg grano/kg N aplicado), se ha mantenido históricamente en valores próximos a 120 kg arroz/kg N (Pittelkow, 2016; Molina *et al.*, 2019). Sin embargo, el incipiente estancamiento del rendimiento durante el último lustro al tiempo de un creciente uso de N ha reducido la EUN a 105 kg arroz/kg N en los últimos años, planteando interrogantes y desafíos produc-

tivos y ambientales en diferentes escenarios de intensificación del sistema de producción. El objetivo fue evaluar el rendimiento y la EUN expresada como FPPN en el cultivo de arroz sobre distintas rotaciones contrastadas en un experimento de largo plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento de rotaciones se instaló en 2012 en el Paso de la Laguna (33°16'21.47"S, -54°10'23.17"W) en INIA Treinta y Tres sobre un Brunosol subeutrico con 33 años de uso previo en una rotación arroz-pasturas estable (arroz 1/3 del tiempo). Se evaluaron 6 sistemas (cuadro 1): 1) arroz-pastura larga (Az-PL); 2) arroz-pastura corta (Az-PC); 3) arroz-soja-pastura (Az-Sj-P; 4) arroz-cultivos (Az-Cultivos); 5) arroz-soja (Az-Sj); y; 6) arroz continuo (AzC). Raigrás o trébol alejandrino se incluyeron como coberturas en otoño-invierno entre los cultivos de grano. Todas las fases de las rotaciones existieron simultáneamente en parcelas de 1200 m² replicadas tres veces en el espacio.

Cuadro 1. Detalle de las rotaciones arroceras y sus fases en el experimento de largo plazo.

Rotación	Año1		Año2		Año3		Año4		Año5		Año6	
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
Arroz-Pastura Larga	Az1	Rg	Az2	festuca+ trébol blanco + lotus								-->
Arroz-Pastura Corta	Az	Trébol rojo + raigrás		-->								
Arroz-Soja-Pastura	Az1	Rg	Sj	Rg	Sj	T.A	Az2	Lotus + festulolium				
Arroz-Cultivos	Az1	Rg	Sj	T.A	arroz	T.A	Sg	T.A	-->			
Arroz-Soja	Az	Rg	Sj	T.A	-->							
Arroz continuo	Az	-->										

Az: arroz, Sj: soja, Sg: sorgo, Rg: raigrás; T.A: trébol alejandrino; PV: primavera-verano; OI: otoño-invierno.

¹ Ing. Agr. M.Sc. INIA-UC Davis. Estudiante Doctorado.

² Ing. Agr. M.Sc. INIA. Estudiante de Doctorado, Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

³ Téc. Agrop. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental.

⁴ Ing. Agr. Ph.D INIA. Director Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. jtterra@inia.org.uy

La fertilización nitrogenada del arroz, a excepción en AzC, fue realizada en base al potencial de mineralización de N (PMN) del suelo en condiciones anaeróbicas utilizado por la aplicación FertlizArr (Castillo *et al.*, 2014). El nitrógeno se aplicó al voleo como urea y fue fraccionado en todas las rotaciones, aproximadamente 70% a V4 (inicio de macollaje) inmediatamente antes de la inundación y 30% a R0 (primordio floral) con el suelo ya anegado. El manejo de otros nutrientes (P-K), así como las prácticas agronómicas (control de malezas, enfermedades, etc) se ajustaron para cada rotación en base a las recomendaciones generales del cultivo. El arroz se instaló con siembra directa simultáneamente en todas las rotaciones, generalmente en la 2da quincena de octubre. Los cultivares más usados fueron INIA Olimar, INIA Merín y Parao de acuerdo con las necesidades de cada rotación. Una cosechadora con monitor de rendimiento y carretón con balanza se usaron para evaluar la productividad de cada parcela drenada previamente.

El rendimiento y la EUN fueron evaluadas mediante un análisis conjunto de 5 zafras (2016-2020) utilizando modelos mixtos. En el modelo, las rotaciones y las fases fueron considerados como efectos fijos, mientras que los años, los bloques anidados en el año y sus interacciones fueron considerados como efectos aleatorios. Para determinar la significancia estadística de los tratamientos se utilizó un test F con un $P < 0,05$.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La productividad media de arroz fue 10.160 kg/ha, con un mínimo de 9.370 kg/ha en 2018-2019 y un máximo de 11.010 kg/ha en 2019-2020, rendimiento muy próximo al potencial alcanzable de 11.200 kg/ha estimado por Carracelas *et al.* (2017) con el modelo ORYZA para las condiciones climáticas y cultivares usados en Uruguay.

La mayor productividad de arroz por rotación fue observada en aquellas que incluyeron soja (Az-Sj, Az-Cultivos y Az-Sj-P) las cuales no difirieron entre sí (10.450 kg/ha) y en promedio superaron en 9,3% al rendimiento de AzC (Figura 1). Por su parte, no se detectaron diferencias significativas de rendimiento entre las rotaciones Az-PC (10.060 kg/ha) y Az-PL (9.850 kg/ha), ni entre estas comparadas con AzC (9.560 kg/ha). La incorporación de la soja a la rotación con pasturas o la sustitución de estas por la soja, aumentó 6,3% la productividad del arroz de esas rotaciones respecto a la rotación Az-PL. Esto fue explicado básicamente por la menor productividad del 2do arroz sobre rastrojo en la rotación Az-PL (9.300 kg/ha) respecto al 1er arroz (10.400 kg/ha) sobre pasturas de la misma rotación.

El arroz sembrado luego de soja en Az-Cultivos (11.000 kg/ha) fue el mayor rendimiento de todas las fases, aunque no fue diferente a los obtenidos sobre soja en Az-Sj y Az-Sj-P o sobre festuca en Az-PL. Al agrupar los datos por antecesor, el rendimiento del arroz sobre pasturas o sobre soja fue 8,4% y 13,9% mayor respectivamente que sobre rastrojos de arroz (9.430 kg/ha) que a su vez fue muy similar a la situación sobre sorgo (9.760 kg/ha).

La mayor EUN por rotación fue observada en Az-Sj, Az-Sj-P, Az-Cultivos y Az-PL (119 kg grano/kg N) que en promedio fue 17% y 88% superior a la de Az-PC y AzC, respectivamente (Figura 2). Desglosando cada fase de las rotaciones, se observa que la mayor EUN fue alcanzada sobre las pasturas de Az-PL y Az-Sj-P o sobre soja en Az-Sj con una media de 131 kg grano/kg N. Agrupando por antecesores inmediatos, la EUN sobre pasturas o soja fue 51% y 39% mayor que sobre rastrojos de arroz (82 kg grano/kg N). Las diferencias en EUN se explican por las diferencias de rendimiento ya comentadas y por un menor uso de N en arroz sobre pasturas (30%) o soja (23%) respecto a rastrojos (124 kg N/ha)

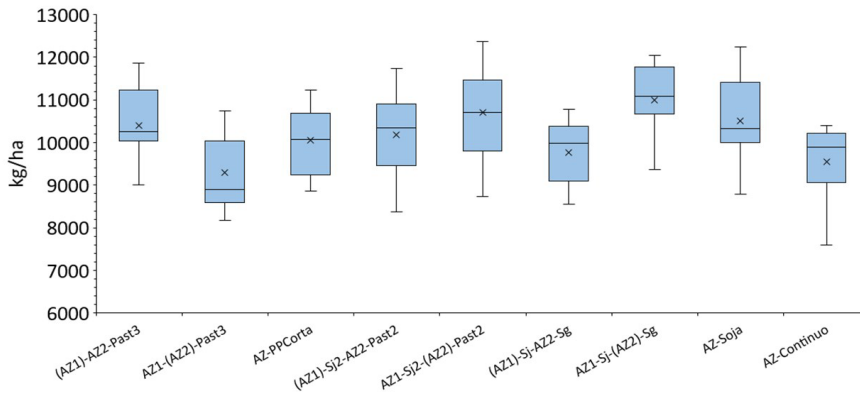


Figura 1. Rendimiento de arroz en 6 rotaciones y sus respectivas fases evaluadas en un experimento de largo plazo durante 5 años. Arroz-pasturas largas, arroz-pasturas cortas; arroz-soja-pasturas; arroz-cultivos, arroz-soja y arroz continuo. Az: arroz; Sj: soja; Sg: sorgo.

El efecto depresivo de los rastrojos de arroz sobre el rendimiento del cultivo es conocido tanto a nivel experimental como comercial. Registros de las últimas 3 zafas de SAMAN, COOPAR y CASARONE (com. pers), muestran que el rendimiento de arroz en chacras sobre retornos sin pradera, con praderas o soja fue aproximadamente 4%, 8% y 12% mayor respectivamente que sobre rastrojos. Méndez (1993), reportó que la reducción de rendimiento entre el 1er arroz de retorno y el 2do arroz sobre el rastrojo en sistemas con pasturas sembradas o regeneradas de 4 años fue de 22% y 11%, respectivamente. El autor mostró además un efecto positivo

de 15% en el rendimiento de arroz en los retornos sobre pradera respecto a aquellos sin pradera. El laboreo de verano entre dos cultivos de arroz en años alternos produjo rendimientos y EUN similares entre ambos siendo efectivo en eliminar el “efecto rastrojo” en una unidad de producción arroz-ganadería estabilizada (Deambrosi y Bonilla, 2009). Por otro lado, Castillo *et al.* (s/p) en una red de 51 experimentos de campo encontró aumentos de productividad respecto a rastrojos de 17% y 6% en siembras sobre pradera o retornos sin pradera respectivamente; con EUN próximas a 90-100 kg grano/100 kg N.

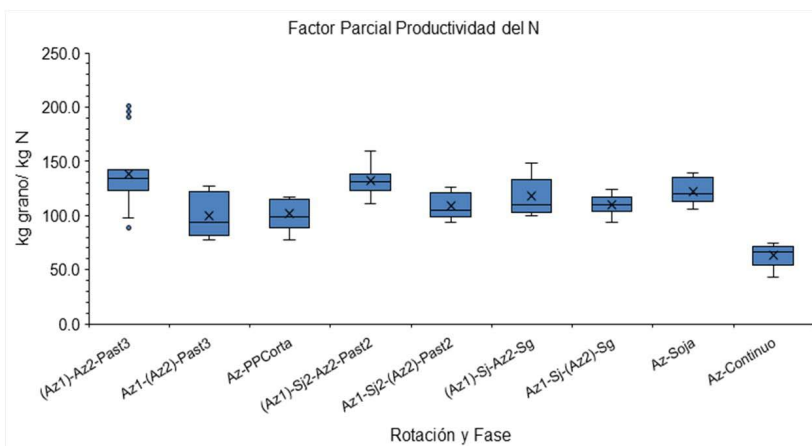


Figura 2. Eficiencia de uso de N del cultivo de arroz sobre 6 rotaciones y sus fases evaluadas durante 5 años en un experimento de largo plazo. Arroz-pasturas largas, arroz-pasturas cortas; arroz-soja-pasturas; arroz-cultivos, arroz-soja y arroz continuo. Az: arroz; Sj: soja; Sg: sorgo; Past: pasturas.

CONCLUSIONES

Existen alternativas de rotación que permiten mantener la productividad y la EUN en el arroz. El arroz sobre rastrojo produce menos, consume más N y la EUN (FPPN) es menor. La productividad sobre pasturas y/o soja no solo es mayor que sobre rastrojos sino más estable en años de oferta ambiental contrastante. Las pasturas contribuyen a sostener la productividad del arroz con menor uso relativo de N en forma más eficiente. El aumento del uso de N en el arroz para cubrir carencias de diseño no parece ser un camino sostenible para incrementar rendimiento. La soja, puede ser un gran aporte al sistema si logra estabilizar sus rendimientos con riego estratégico y no deteriora otros indicadores.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, J.; Terra, J.A.; Ferreira, A.; Méndez, R.** 2014. Fertilización N en arroz en base a indicadores objetivos. ¿Qué sabemos luego de 3 años de experimentación? In: Arroz-Soja: Resultados Experimentales 2013-2014. INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. cap. 3. p. 4-6 (INIA Serie Actividades de Difusión 735)
- Deambrosi, E.; Bonilla, O.** 2009. Producción de arroz. In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo (Uruguay): INIA, 2009. p. 41-50 (INIA Serie Técnica; 180)
- Méndez, R.** 1993. Rotación arroz-pasturas: análisis físico económico del cultivo. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Montevideo: INIA 21 p. (Serie Técnica 38)
- Molina, F.; Terra, J.A.; Roel, A.** 2019. Evolución de algunas variables tecnológicas en el cultivo de arroz en Uruguay. In: Arroz 2019. Montevideo: INIA. p. 1-3. (INIA Serie Técnica 250)
- Pittelkow, C.M.; Zorrilla De San Martín, G.; Terra, J.A.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A.** 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9, 10-18. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2016.05.003>

RED TECNOLÓGICA DE ARROZ: GRUPOS DE CALIDAD DEL ARROZ URUGUAYO

M. López Rodríguez¹, P. Arcia², F. Pérez de Vida³, G. Tresso⁴, V. Figueredo⁵, C. Luzardo⁶, D. Gonnet⁷, R. Uruga⁸, M. N. Sanguinetti⁹, A. Billiris¹⁰

PALABRAS CLAVE: calidad sensorial, dimensiones, nuevos cultivares

INTRODUCCIÓN

El arroz es el quinto rubro de exportación en el país, representando el 95% de su producción. En la actualidad la cadena se ve amenazada por una baja rentabilidad para productores e industriales que está llevando a una disminución muy importante del área plantada desde las 195 mil ha cosechadas en 2011 a las 140 mil hectáreas cosechadas en 2019. La necesidad de adoptar rápidamente nuevas variedades de alto rendimiento agronómico para mejorar la ecuación económica de los productores genera la necesidad por parte del sector arrocerero de tener certezas acerca de la aceptabilidad de estos nuevos cultivares en los mercados compradores premium. Es necesario, por tanto, profundizar el conocimiento sobre la calidad física, el rendimiento industrial y las características sensoriales de nuevas y promisorias variedades, para poder orientar a los productores, industriales y programas de investigación, en el desarrollo e incorporación al sistema productivo de estas variedades. En este contexto resulta oportuno y necesario clasificar las nuevas variedades en “familias de variedades”. Estas “familias” estarían encabezadas por aquellas variedades con características de calidad ya reconocidas y aceptadas por los clientes. La clasificación de las nuevas

variedades promisorias dentro de estas familias permitiría conocer con antelación la posibilidad de inserción de dichas variedades en mercados específicos. El objetivo de este trabajo fue identificar nuevos cultivares que compartan características de calidad con los cultivares tradicionales de manera de tener mayor certeza respecto a su aceptación por los mercados compradores y de este modo beneficiar a productores e industriales mediante la incorporación al sistema productivo de materiales de buen comportamiento agronómico y alto valor comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 30 cultivares pertenecientes al programa de mejoramiento genético de INIA para la zafra 16/17 y se seleccionaron los 20 de mayor interés para el sector para evaluar en la zafra 17/18. La etapa de cultivo se realizó en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (INIA). Los 20 cultivares analizados durante dos zafras fueron: CL212, CL244, CL933, El Paso144, Gurí INTA CL, Inov CL, L10251, L9884, L9988, INIA Merín, INIA Olimar, Parao, SLF11047, SLF11072, SLI09193, SLI09197, SLI13198, SLI13208, SLI14000 e INIA Tacuarí.

Durante la zafra 2017-2018 se incorporaron 4 cultivares adicionales pertenecientes a la empresa RiceTec (Lexus, XP113, XP117 y XP118). Se presentan en este trabajo los

¹ Ing. Alim., Latitud – Fundación LATU, marlopez@latitud.org.uy

² Ing. Quím. Ph.D., Latitud – Fundación LATU, parcia@latitud.org.uy

³ Ing. Agr. MSc. Quím., Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, fperez@inia.org.uy

⁴ Tec. Quím, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, gtresso@latu.org.uy

⁵ Ing. Alim., Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, mfique@latu.org.uy

⁶ Ing. Alim., Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, cluzardo@latu.org.uy

⁷ Ing. Agr., Casarone, GMA, dgonnet@casarone.com.uy

⁸ Ing. Agr., SAMAN, GMA, uruga@saman.com.uy

⁹ Ec., Gerente General, Asociación de Cultivadores de Arroz, ACA, msanguinetti@aca.com.uy

¹⁰ Ing. Alim. Ph.D., Latitud – Fundación LATU, abilliri@latitud.org.uy

resultados promedio de las 2 zafas estudiadas para estos 20 cultivares y los resultados de las muestras de la empresa RiceTec. Los resultados de las 10 muestras analizadas únicamente en la zafa 1016/2017 también fueron incluidos en el análisis, pero no se presentan. La caracterización incluyó características de calidad física (dimensiones en blanco), calidad sensorial (perfil sensorial determinado por panel de jueces) y expansión de volumen en cocido. Para el análisis de calidad física, las muestras se elaboraron en molino Satake, hasta 55% de remoción de afrechillo, finalizando en molino McGill#2 hasta obtener un grado de mal elaborado menor a 1%, con grados de molienda de 90, 100 o 110, simulando el proceso industrial. Con el objetivo de identificar grupos de cultivares que presenten características en común (grupos de calidad), los datos se analizaron mediante análisis de clúster.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Del análisis de clúster de dimensiones en blanco, se identifican 3 grupos de cultivares con calidad física similar (Figura 1).

En el grupo rojo se encuentran, entre otras, las variedades INIA Olimar, CL212 y Gurí INTA CL. Este grupo se caracteriza por presentar granos con mayor largo y una relación largo/ancho mayor que los otros grupos.

El grupo azul, formado por INIA Tacuarí y L9884, se caracteriza por tener granos más cortos.

En el grupo verde, se encuentran, entre otras, las variedades El Paso 144, INIA Merín, Parao e Inov CL y presentan un largo intermedio y mayor ancho que los demás grupos.

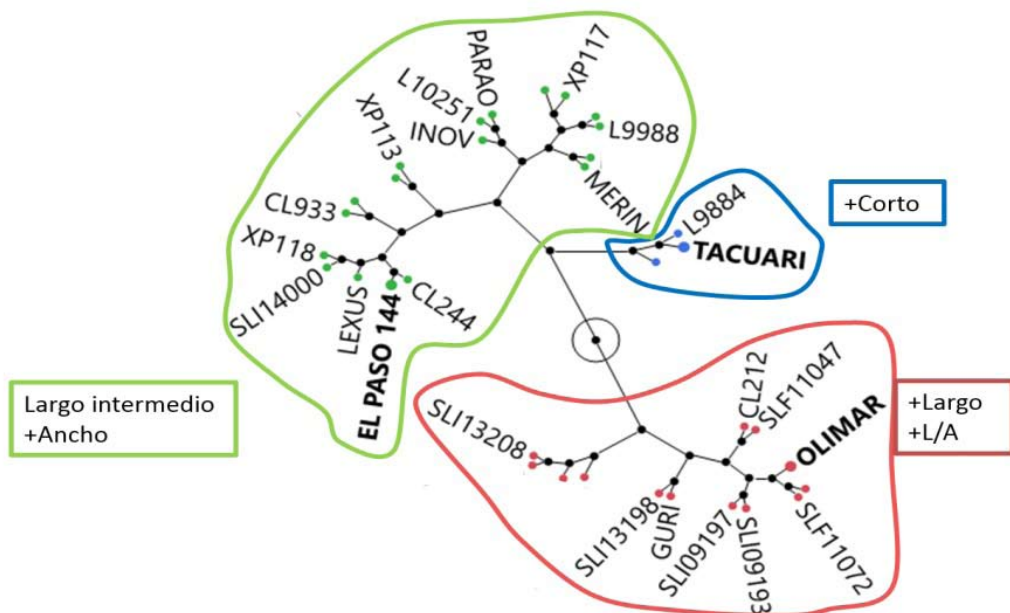


Figura 1. Análisis de clúster de dimensiones en blanco

Por otra parte, basado en características sensoriales se identifican 5 grupos con diferentes comportamientos (Figura 2). El grupo amarillo, del que forman parte Tacuarí y Parao entre otras, en apariencia son variedades más cortas y brillosas, en textura se presentan como más suaves en boca y más blandas, pero menos elásticas y más pegajosas. En cuanto al sabor, presentan una mayor intensidad del atributo lácteo y cereal que los otros grupos.

El grupo rojo, que incluye a INIA Olimar y CL212, en cuanto a la apariencia se trata de variedades menos pegajosas, menos brillosas, menos rugosas y con sus granos más íntegros. En cuanto a la textura de estas variedades, son granos más duros y elásticos y menos pegajosos.

El grupo verde, que incluye a El Paso 144 e INIA Merín, son cultivares en apariencia menos blancos que los otros grupos y en su textura, más duros y menos pegajosos.

Aquellos cultivares que compartan grupos de dimensiones como de calidad sensorial con los cultivares tradicionales son potenciales candidatos para sustituir a éstos en los mercados internacionales. En los análisis de clúster se observa que el cultivar L9884 comparte los grupos tanto de dimensiones como de calidad sensorial con INIA Tacuarí, por lo que parecería un posible sustituto para este, de todos modos, cabe aclarar que su expansión de volumen es un poco menor que la de INIA Tacuarí. En el caso de INIA Olimar, se detecta que los cultivares SLI09193, SLI13208 y CL212 son los que se comportan como él en cuanto a sus dimensiones y sus características sensoriales.

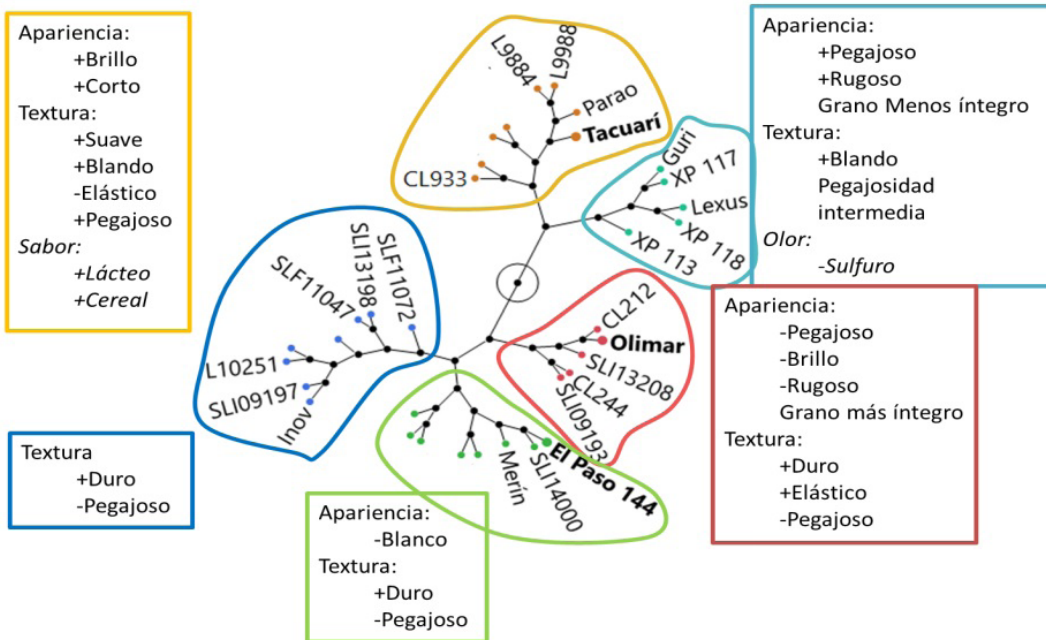


Figura 2. Análisis de clúster de Calidad Sensorial

CONCLUSIONES

Existen cultivares que comparten características de calidad con los cultivares líderes de alto valor comercial como INIA Tacuarí e INIA Olimar. En el caso de INIA Tacuarí, el cultivar que podría sustituirlo es L9884 y en el caso de INIA Olimar, basados en estos resultados, así como también en criterios agronómicos y comerciales, se entiende que el cultivar que podría sustituirlo es SLI09193.

BIBLIOGRAFÍA

- Champagne, E.T., Bett, K.L., Vinyard, B.T., Webb, B.D., McClung, A.M., Barton, F. E., Lyon, B.G., Moldenhauer, K., Linscombe, S., & Kohlwey, D.** 1997. Effects of drying conditions, final moisture content, and degree of milling on rice flavor. *Cereal Chemistry*, 74(5): 566-570
- Champagne, E.T., Bett-Garber, K.L., Fitzgerald, M.A., Grimm, C.C., Lea, J., Ohtsubo, K., Jongdee, S., Xie, L., Bassinello, P.Z., Resurreccion, A., Ahmad, R., Habibi, F., & Reinke, R.** 2010. Important sensory properties differentiating premium rice varieties. *Rice*, 3, 270-281.
- Lyon, B.G., Champagne, E.T., Vinyard, B.T., Windham, W.R., Barton II, F.E., Webb, B.D., McClung, A.M., Moldenhauer, K.A., Linscombe, S., McKenzie, K.S., & Kohlwey, D.E.** 1999. Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal Chemistry*, 76(1), 56-62.
- Park, J.K., Kim, S.S., & Kim, K.O.** 2001. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chemistry*, 8(2), 151-156.
- Rodríguez-Arzuaga, M., Cho, S., Billiris, M.A., Siebenmorgen, T., & Seo, H.-S.** 2016. Impacts of degree of milling on the appearance and aroma characteristics of raw rice. *Journal of the Food Science and Agriculture*, 96, 3017-3022.

PAUTAS Y CRITERIOS PARA EL MANEJO INDUSTRIAL DE NUMEROSAS VARIEDADES: ASPECTOS DE CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL

M. López Rodríguez¹, P. Arcia², F. Pérez de Vida³, G. Tresso⁴, V. Figueredo⁵, C. Luzardo⁶, D. Gonnet⁷, R. Uraga⁸, M. N. Sanguinetti⁹, A. Billiris¹⁰

PALABRAS CLAVE: apariencia, clúster, mezclas

INTRODUCCIÓN

El manejo industrial de un gran número de variedades desafía la logística actual de los molinos arroceros, enfocada a la elaboración independiente de variedades. Para mantener este posicionamiento estratégico, es necesario buscar alternativas logísticas que permitan el manejo industrial de numerosas variedades de forma eficiente. La posibilidad de elaborar mezclas de variedades, que mantengan el atributo de uniformidad, facilitaría el manejo industrial. Por tanto, la mezcla varietal en un grano que se consume sin proceso de ruptura como es el arroz, requiere de cuidados especiales para asegurar que la misma no afecte la uniformidad del producto final. Diferentes variedades de granos de similares dimensiones (largo, ancho y "relación largo: ancho"), pueden originar diferentes efectos en los parámetros sensoriales, en el comportamiento en su industrialización y durante la cocción. En este sentido, es necesario tener un entendimiento y conocimiento profundo de qué variedades de arroz pueden ser mezcladas, en qué proporción y en qué momento del proceso (antes de la entrada al molino o luego de la elaboración). En base a estos análisis, podrían ser mezcladas aquellas variedades

que tengan un comportamiento similar tanto sensorial como industrial. En este trabajo se buscó establecer pautas y criterios para la implementación de mezclas controladas de variedades de modo de atenuar los problemas logísticos del manejo industrial de numerosas variedades, sin afectar las características del producto final.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron 13 cultivares: INIA Tacuarí, INIA Olimar, El Paso 144, L9884, CL212, SLF11072, INIA Merín, Gurí INTA CL, SLI09193, SLI09197, SLI14000, CL1202 e Inov CL y la Red seleccionó 20 mezclas entre estos para evaluar. Las mezclas seleccionadas se presentan en el cuadro 1. Estos materiales corresponden a la zafra 2018-2019.

La preparación de las mezclas fue realizada bajo dos manejos diferentes:

- Mezcla en PADDY: la mezcla de cultivares se realizó en paddy, para luego ser elaboradas en forma conjunta (toda la mezcla) y finalmente la mezcla fue evaluada en blanco.
- Mezcla en BLANCO: los cultivares se elaboraron de forma independiente, luego fueron mezcladas en blanco y finalmente la mezcla de cultivares en blanco fue evaluada.

¹ Ing. Alim., Latitud – Fundación LATU, marlopez@latitud.org.uy

² Ing. Quím. Ph.D., Latitud – Fundación LATU, parcia@latitud.org.uy

³ Ing. Agr. MSc. Quím., Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, fperez@inia.org.uy

⁴ Tec. Quím, Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, gtresso@latu.org.uy

⁵ Ing. Alim., Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, mfique@latu.org.uy

⁶ Ing. Alim., Laboratorio Tecnológico del Uruguay, LATU, cluzardo@latu.org.uy

⁷ Ing. Agr., Casarone, GMA, dgonnet@casarone.com.uy

⁸ Ing. Agr., SAMAN, GMA, uraga@saman.com.uy

⁹ Ec., Gerente General, Asociación de Cultivadores de Arroz, ACA, msanguinetti@aca.com.uy

¹⁰ Ing. Alim. Ph.D., Latitud – Fundación LATU, abilliri@latitud.org.uy

Todas las mezclas se prepararon en proporción 50:50. Sólo para el caso de la mezcla INIA OLIMAR+INIA MERÍN se consideró analizar dos proporciones adicionales (60:40 y 70:30).

La caracterización incluyó características de calidad física (dimensiones en blanco), y calidad sensorial (perfil sensorial determinado por panel de jueces). Con el objetivo de identificar grupos de cultivares que presenten características en común (grupos de calidad), los datos se analizaron mediante análisis de clúster.

Para determinar si existía diferencia apreciable en la apariencia en crudo entre los cultivares puros de referencia y sus mezclas se realizaron test triangulares. Este test consiste en presentar al evaluador tres muestras simultáneamente, dos de ellas son iguales y la restante es diferente; el evaluador debe indicar cuál es la muestra diferente. Esta prueba permite conocer si existe diferencia significativa entre dos muestras (bajo el nivel de significación que se estipule; para este estudio $\alpha=0,05$). Los ensayos fueron realizados por analistas de laboratorio de ACA, GMA, INIA y LATU.

Cuadro 1. Detalle de cultivares y mezclas evaluadas.

Muestra	Cultivar Puro de referencia	Mezcla
T.1	INIA TACUARÍ	INIA TACUARÍ+L9884
EP.1	EL PASO 144	EP144+SLI14000
EP.2	EL PASO 144	EP144+INIA MERÍN
EP.3	EL PASO 144	EP144+GURI
EP.4	EL PASO 144	INOV+EP144
O.1	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+CL212
O.2	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+SLF11072
O.3	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+INIA MERÍN
O.4	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+GURI
O.5	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+SLI09193
O.6	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+SLI09197
O.7	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+CL1202
O.8	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+INIA MERÍN (60:40) *
O.9	INIA OLIMAR	INIA OLIMAR+INIA MERÍN (70:30) *
M.1	INIA MERÍN	INIA MERÍN+GURI
M.2	INIA MERÍN	INIA MERÍN+SLI09197
M.3	INIA MERÍN	INIA MERÍN+CL1202
M.4	INIA MERÍN	INIA MERÍN+SLI09193
G.1	GURI	GURI+CL1202
I.1	INOV	INOV+INIA MERÍN

Para determinar la factibilidad o no de estas mezclas se estableció una serie de criterios que éstas deberían cumplir:

- pertenecer al mismo grupo de calidad física (dimensiones) que el cultivar puro de referencia
- no presentar diferencias significativas con el cultivar puro de referencia en el test triangular (apariciencia en crudo)
- pertenecer al mismo grupo de calidad sensorial que el cultivar puro de referencia

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se presentan los resultados obtenidos para las mezclas realizadas en paddy, debido a que son las que presentan mayor interés para la industria.

Existieron 2 mezclas que cumplieron con los tres criterios establecidos de factibilidad, estas fueron INIA OLIMAR+CL212 (O.1) y INIA OLIMAR+SLI09193 (O.5), dichas mezclas comparten grupo de calidad física y sensorial con INIA Olimar y no fueron distinguidas de ésta en el test triangular.

En el análisis de clúster de calidad sensorial (Figura 1) se detecta la presencia de un grupo al que pertenecen algunas de las mezclas

evaluadas que presenta características asociadas a un arroz sobrecocido; en apariencia son más blancas, brillosas, pegajosas y rugosas, además de que sus granos son menos íntegros y su textura más pegajosa.

Entendemos que las características sensoriales de las mezclas pertenecientes a este grupo pueden estar relacionadas a la elaboración conjunta de cultivares. Elaborar simultáneamente cultivares que presentan diferencias importantes, ya sea, en sus dimensiones o en sus tiempos de pulido puede provocar daños asociados a un sobrepulido de uno o de ambos cultivares que intervienen en la mezcla. De ser así, podría haber desprendimiento de almidón durante la cocción, lo que daría las características sensoriales antes mencionadas a estas mezclas (brillosas, rugosas, pegajosas y menos íntegras).

En este grupo se destacan las mezclas EP144+SLI14000 (EP.1), EP144+INOV (EP.4), INIA OLIMAR+SLI09197 (O.6), INIA MERÍN+GURI (M.1), INOV+INIA MERÍN (I.1) que se asemejan al cultivar puro de referencia en crudo (clúster dimensiones y test triangular), pero presentan las características sensoriales antes mencionadas, por lo que, no comparten características sensoriales con el cultivar puro de referencia.

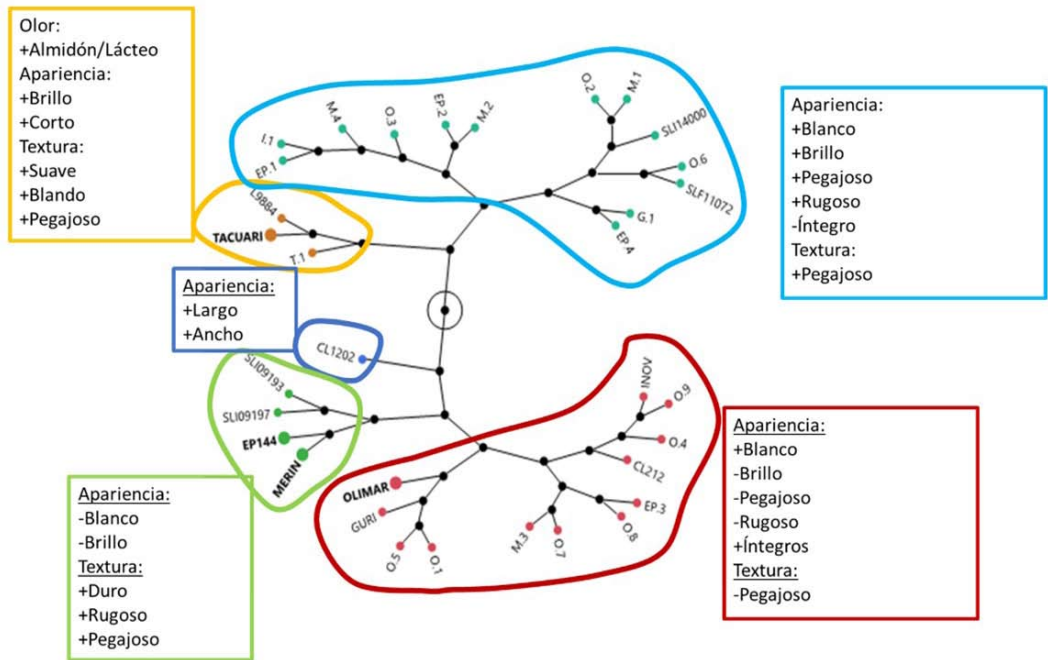


Figura 1. Análisis de clúster de calidad sensorial.

CONCLUSIONES

La Red entiende importante continuar analizando la mezcla INIA OLIMAR+SLI09193 (O.5), debido al potencial de incorporación al sistema productivo de SLI09193 con fines de sustitución y/o mezcla con INIA Olimar.

En el caso de las mezclas INIA OLIMAR+SLI09197 (O.6), INIAMERÍN+GURI (M.1), INOV+INIA MERÍN (I.1) que se asemejan al cultivar puro de referencia en crudo, pero no en cocido, se propone estudiar grado de molienda menor para mantener características sensoriales del cultivar de referencia.

ASOCIACIÓN ENTRE LAS FASES DE “EL NIÑO” Y LA PRODUCCIÓN ARROCERA DEL URUGUAY:

A. Roel¹, W. Baethgen², I. Macedo³

Resumen Actualización Serie Técnica 148 INIA (2005)

PALABRAS CLAVE: arroz, clima, ENOS

MATERIALES Y MÉTODOS

INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria a cielo abierto está en constante interacción y es afectada por las condiciones climáticas. Algunos trabajos han demostrado que parte de la variabilidad climática en el Sureste de América del Sur se encuentra asociada a las fases de El Niño y en consecuencia estas fases afectan la productividad agrícola en el Uruguay (Ropelewski *et al.*, 1989; Pisciotto *et al.*, 1994; Baethgen *et al.*, 1997; Baethgen y Giménez, 2002).

El Niño es un fenómeno en donde interacciona la atmósfera y el océano Pacífico en la región tropical. Aspectos detallados de la dinámica de este fenómeno fueron descritos por Roel y Baethgen (2005), donde detallan cada una de las fases que pueden existir en esta región y como éstas pueden influir en el clima de nuestra región.

Los objetivos de este trabajo fueron: 1) Actualizar la cuantificación de la asociación entre las distintas fases del ENOS y la producción arroceras nacional. 2) Analizar la distribución de frecuencias acumuladas del rendimiento de arroz según las distintas fases del ENOS. 3) Actualizar la relación entre los posibles factores climáticos responsables de esta asociación.

Se computaron las anomalías promedio totales en el trimestre octubre-noviembre-diciembre de las temperaturas del océano Pacífico en la zona NIÑO 3.4. Se registraron los rendimientos promedio nacionales del cultivo de arroz (Asociación de Cultivadores de Arroz, ACA) de los últimos 47 años. Para la clasificación de las fases del ENOS en los distintos años se utilizó la clasificación del IRI (International Research Institute for Climate Prediction, Universidad de Columbia), siendo los años Niños aquellos con desvíos de temperatura positivos y los años Niñas aquellos con desvíos de temperatura negativos en la superficie del océano Pacífico tropical. Del total de 47 años, hubo 17 años Niño, 14 Niña y 17 Neutros o Neutral.

Para la cuantificación de las variables climáticas se utilizaron los datos de precipitaciones y horas de sol de la estación meteorológica de la Unidad Experimental del Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres.

Para “descontar” el efecto de la mejora tecnológica en el tiempo y poder analizar el efecto de las fases del ENOS sobre la producción de arroz se ajustó un modelo de regresión lineal simple utilizando “años” como variable independiente, y rendimientos nacionales como variable dependiente (datos no mostrados). Con el resultado de estas

¹ Ing. Agr. Ph.D., INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. areol@inia.org.uy

² Ing. Agr. Ph.D. Columbia University Investigador Senior. IRI. baethgen@iri.columbia.edu

³ Ing. Agr. M. Sc., Estudiante de doctorado. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz y Programa Nacional de Investigación en Producción y Sustentabilidad Ambiental. imacedo@inia.org.uy

regresiones lineales se calcularon las desviaciones relativas de rendimientos (DRR) utilizando la siguiente fórmula:

$$DRR (\%) = (R_n - RP_n) * 100 / RP_n$$

Donde:

R_n = Rendimiento obtenido en el año n.

RP_n = Rendimiento estimado por la regresión para el año n.

Tanto los desvíos de precipitación como los de horas de sol fueron computados como porcentajes de los valores acumulados de estas

variables sobre las acumulaciones históricas promedio para el periodo 1972- 2019.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Se puede observar que existió un ordenamiento diferencial de los cuartiles según la fase del ENOS estudiadas. En los años Niña existió el doble de chance de obtener rendimientos altos en comparación a todos los años (50 vs 25%). Por otro lado, la frecuencia de rendimientos bajos en años Niño no se vio afectada en mayor medida en comparación a todos los años (25 vs 27%) (Figura 1).

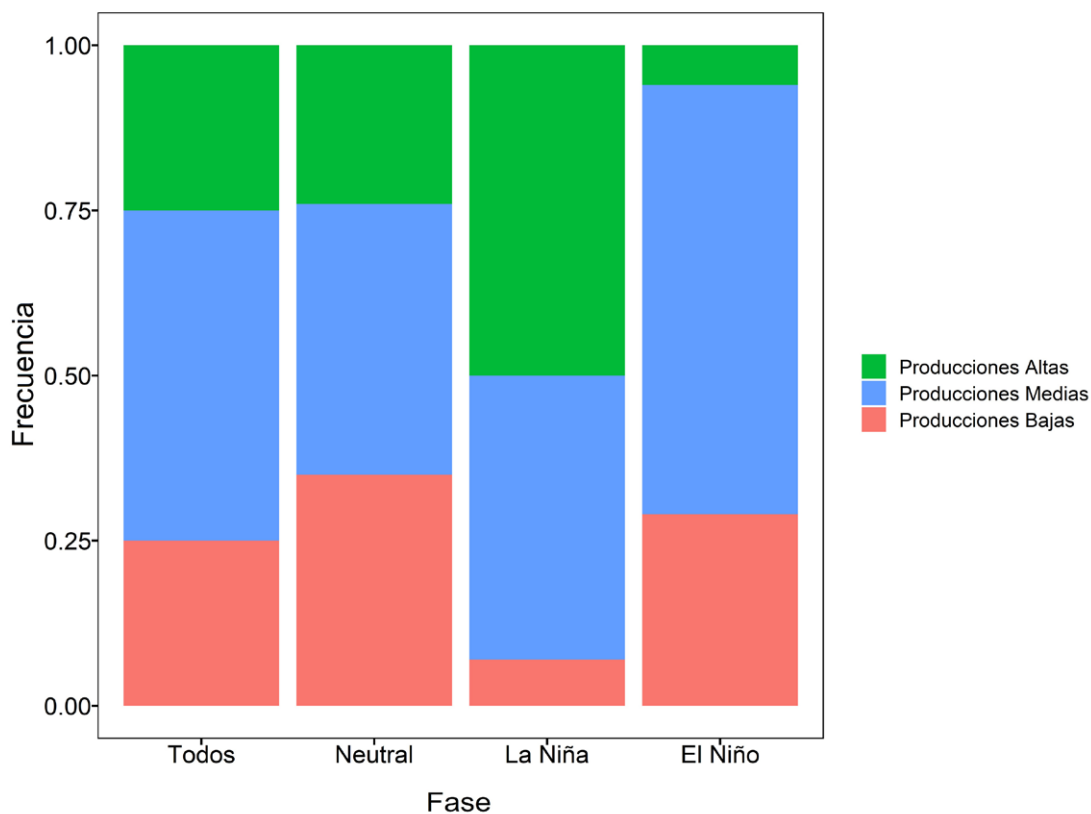


Figura 1. Distribución de los rendimientos nacionales en las diferentes fases del ENOS (1973-2020).

En la figura 2 se ilustra la probabilidad de exceder cierta magnitud de rendimiento de arroz según la fase de ENOS. Se observa que, por ejemplo, si se pone como objetivo obtener un rendimiento de 8500 kg/ha,

la probabilidad de al menos obtener este rendimiento en un año Niño es aproximadamente 10%, pasando a 35% en un año Neutro y alrededor de 60% en la fase de la Niña.

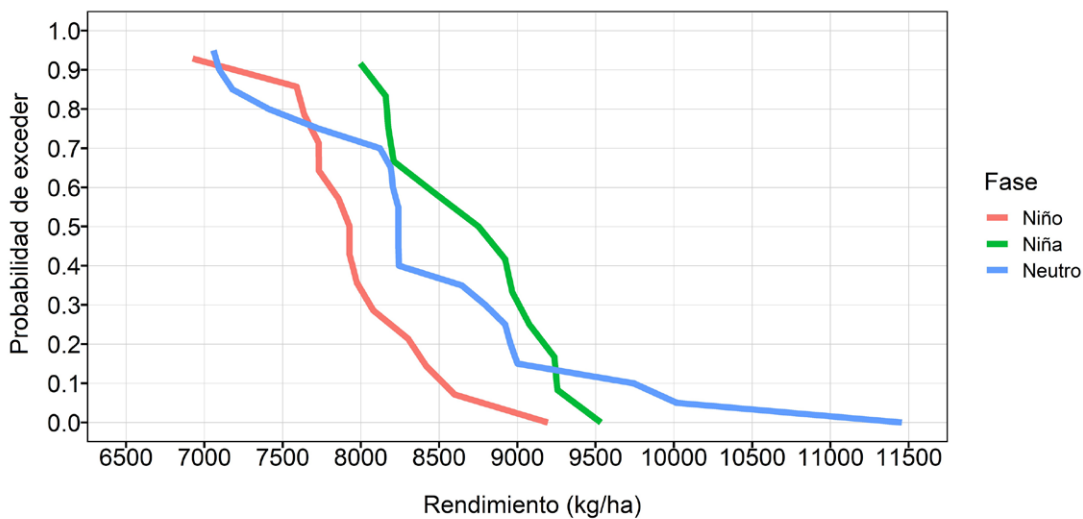


Figura 2. Probabilidad de excedencia de rendimientos según fases del ENOS

Existió una relación negativa entre las anomalías en horas de sol y las anomalías de las temperaturas del Pacífico (Figura 3A), mientras que lo inverso se observó entre las

anomalías de precipitación (Figura 3B). Esto confirma que es esperable tener desvíos positivos de precipitación durante fases Niño así como desvíos positivos de horas de sol en años Niña.

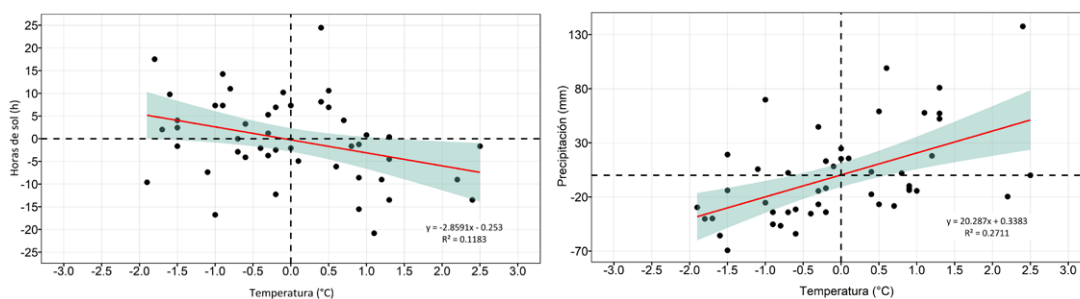


Figura 3. Anomalías Horas de sol (A) y de Precipitación (B) vs. Anomalías de temperatura del Pacífico ecuatorial ENOS 3.4. (OND: Trimestre octubre-noviembre-diciembre 1973-2020).

CONCLUSIONES

La ampliación de los análisis realizados permite ratificar que existe una asociación importante entre las fases del ENOS y los niveles de rendimiento de arroz en Uruguay.

Si bien el ENOS tiene un efecto mayoritariamente en los niveles de precipitación y por lo tanto en la regulación de los déficits hídricos, éstos, pueden tener consecuencias indirectas sobre otras variables que influyen en la obtención de buenos rendimientos del cultivo de arroz, como pueden ser la fecha de siembra y los niveles de radiación solar, como ha sido demostrado en este trabajo.

Existió una mayor probabilidad de alcanzar cierto nivel de productividad en un año Niña en comparación a un año Niño, estos resultados sugieren que en años niños podría existir un mayor riesgo de cubrir los costos de producción.

BIBLIOGRAFÍA

Baethgen, W.E. 1997. Relaciones entre la temperatura superficial del Pacífico tropical y los rendimientos de cultivos en Uruguay. Workshop and Conference on the 1997-98 El Niño: Impacts and Potential Applications of Climate Prediction in Southeast South America. December 1997. Montevideo, Uruguay.

Baethgen, W.E.; Giménez, A. 2002. Seasonal Climate Forecasts and the Agricultural Sector of Uruguay. Consultado en: <http://iri.columbia.edu/climate/ENSO/societal/resource/exmple/Baethgen.htm>

Pisciottano G.; Díaz A.; Cazes G.; Mechoso C.R. 1994. Relationship between ENOS and Rainfall in Uruguay, *Journal of Climate*, 7: 1286-1302.

Roel, A.; Baethgen, W. 2005. Asociación entre las fases de "El Niño" y la producción arrocerá del Uruguay. Montevideo: INIA. 19 p. (INIA Serie Técnica 148)

Ropelewski, C.F.; Halpert, M.S. 1989. Precipitation patterns associated with high index phase of Southern Oscillation. *Journal of Climate*, 2:268-284.

POTENCIALIDAD DE LOS CULTIVOS DE SERVICIO EN LOS SISTEMAS DE ROTACIÓN ARROZ-PASTURAS

W. Ayala¹, N. Serrón², A. Bordagorri³

INTRODUCCIÓN

Cultivos de servicio (CS) refiere a la práctica de incluir determinados cultivos intercalados entre cultivos de grano con alguna finalidad. A nivel país, esta práctica tomó mayor dimensión con el desarrollo de los Planes de Uso y Manejo de Suelos promovidos por el MGAP en la última década, en particular asociados a la agricultura de secano con la finalidad de cubrir el suelo y prevenir la erosión en el período invernal. No obstante, los procesos de intensificación de la agricultura comenzaron a ampliar las oportunidades que los CS brindan en los stocks de carbono, mejora de propiedades físicas del suelo, la captura de nutrientes, control de malezas, por mencionar algunos aspectos y en un sentido amplio diversos servicios ecosistémicos (Blanco-Canqui *et al.*, 2015).

Las particularidades de la zona arroceras han hecho que su inclusión de los CS sea más pensada desde los beneficios que otorga a la rotación y al cultivo subsiguiente, muy

especialmente en sistemas donde la intensificación es importante. Se genera una oportunidad de su utilización bajo determinadas pautas por la ganadería en determinados momentos del año permitiendo la generación de un beneficio económico desde el punto de vista ganadero.

Este trabajo resume información generada entre 2013 y 2019 en la Plataforma Experimental de Largo Plazo de rotaciones de arroz-pasturas y otros cultivos donde se incluyen distintos CS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realiza en la Unidad Experimental "Paso de la Laguna" (33° 16' 28.36" Sur y 54° 10' 16.33" Oeste, elevación 22 m), del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Se evalúan 6 rotaciones donde todas las fases están presentes al mismo tiempo y replicadas 3 veces. Se analizará la información sobre CS generada en 5 de las rotaciones R1, R2, R4, R5 y R6 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Esquema de las diferentes rotaciones evaluadas

AÑO	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5		Año 6	
	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI	PV	OI
R1. Az-Continuo	Arroz	CS T.alej.										
R2. Az-Cultivos	Arroz 1	CS T.alej.	Soja	CS T.alej.	Arroz 2	CS T.alej.	Sorgo	CS T.alej.				
R3. Az-Pp corta	Arroz	Pp Tr.Rg	Pp	Pp								
R4. Az-Pp larga	Arroz 1	CS Raigrás	Arroz 2	Pp Tb.Lo.Fe	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp	Pp		
R5. Az-Sj-Pp corta	Arroz 1	CS Raigrás	Soja 1	CS Raigrás	Soja 2	CS T.alej.	Arroz 2	Pp Lc.Rg	Pp	Pp	Pp	Pp
R6. Az-Sj	Arroz	CS Raigrás	Soja	CS T.alej.								

Nota: CS: Cultivo de servicio; Pp: Pradera permanente; PV: Primavera-Verano; OI: Otoño-Invierno. T.alej. trébol alejandrino, Tr. Rg: trébol rojo-raigrás; Tb.Lo.Fe.: Trébol blanco-lotus-festuca

¹ Ing. Agr. Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes wayala@inia.org.uy

² INIA. Programa Nacional de Investigación en Pasturas y Forrajes

³ Téc. Agrop. INIA. Programa Nacional de Investigación en Sustentabilidad Ambiental.

La inclusión de diferentes especies y cultivos se ha estabilizado de la siguiente manera, tal lo que se detalla. En R1 (Arroz continuo) se utiliza trébol alejandrino INIA Calipso como CS sembrado al voleo con 18 kg/ha inmediatamente luego de la cosecha. En R2 (Arroz-cultivos) se siembra raigrás INIA Titán al voleo con 20 kg/ha luego del 1er arroz, mientras que luego de la soja, el sorgo y el 2do arroz se siembra nuevamente trébol alejandrino. En R3 (Arroz-Pp corta) no se siembran CS, por lo que no se incluye en el análisis. En R4 (Arroz-Pp larga), se siembra raigrás luego del 1er arroz y posteriormente una pradera larga luego del 2do arroz. La R5 (Arroz-soja-Pp corta) incluye raigrás como CS luego del 1er arroz y entre cultivos de soja, mientras que entre la 2da soja y el 2do arroz se siembra trébol alejandrino para luego cerrar con una pradera corta. Por último, la R6 (Arroz-soja), incluye raigrás detrás de arroz y trébol alejandrino detrás de soja. En todos los casos los CS no se fertilizan ni se pastorean. En setiembre, 3-4 semanas antes de la siembra de arroz, soja o sorgo se suprimen con mezclas de tanque de glifosato y dicamba o 2-4D (trébol alejandrino) o glifosato y cletodim (raigrás).

Para el análisis se incluye toda la información desde 2013 a 2019. Se presenta información sobre la producción de biomasa acumulada de las especies sembradas.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

La información sobre las actividades de siembra y supresión de los CS en los diferentes años evaluados entre 2013 y 2019, muestra que la ventana de siembra ha estado entre el 4/4 y el 7/5. Por su parte, la supresión del cultivo previo a la nueva zafra agrícola determina una ventana bastante acotada y determinada por la siembra de los cultivos de verano, que se extiende entre el 1ero y el 20 de setiembre. Esto totaliza en promedio 149 días entre implantación y finalización de la fase del CS.

La biomasa media producida fue 1491 kg/ha de MS con un máximo de 2664 y un mínimo de 709 kg/ha de MS. Se registran coeficientes de variación altos producto de las diferencias entre años y performance de diferentes materiales (32,6% - 66,1%). Del análisis global de los 7 primeros años se observa en la figura 1 que los CS en las rotaciones de arroz con pasturas largas o arroz con soja y pasturas producen significativamente más biomasa que los CS del arroz continuo ($P=0,0187$, $R1 < R4$, $R5$). Se registra diferencias en la producción promedio de gramíneas y leguminosas ($P=0,2811$).

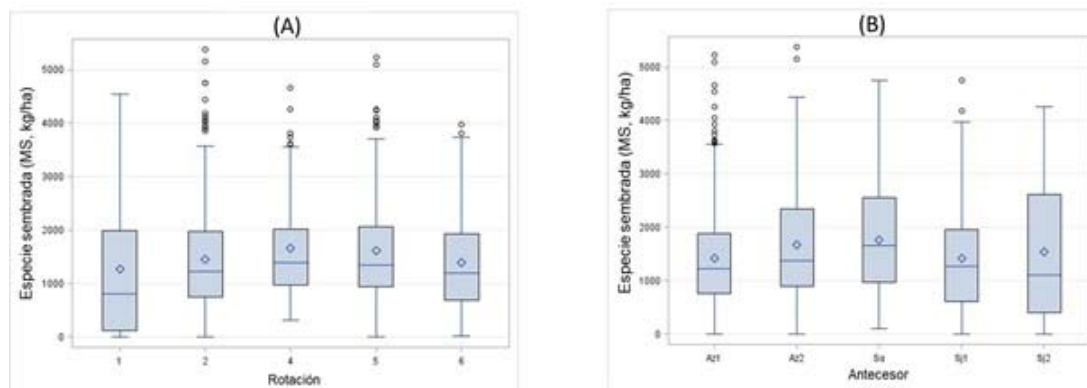


Figura 1. Producción de biomasa de diferentes cultivos de servicio: (A) en distintos sistemas de rotación con arroz y (B) bajo distintos antecesores. Az1: incluye los primeros arroces y el arroz continuo, Az2: los segundos arroces, Sj1: las primeras sojas y las únicas y Sj2: las segundas sojas en sus respectivas rotaciones en el promedio de 7 años).

El cultivo antecesor incide significativamente en la productividad del CS ($P < 0,0005$). En el período 2013-2019 se observa que el CS sobre antecesor soja (Sj1) y primer arroz (Az1) produce menos que sobre sorgo (Sg). Nuevamente queda de manifiesto la variabilidad existente para todos los antecesores (Figura 1B).

No se observó correlación entre la producción de biomasa del CS y la producción del cultivo de arroz subsiguiente (Figura 2). Mén-

dez y Deambrosi (2009) mencionan efectos negativos en la implantación y rendimiento del arroz tras períodos cortos de barbecho cuando se suprime el raigrás. Asimismo, estos autores hacen énfasis en trabajar sobre tapices bajos de raigrás y barbechos largos mejorando la nutrición temprana y rendimiento del arroz. No escapa a esto aspectos asociados a la acumulación de agua para la emergencia y el control de malezas entre otros factores.

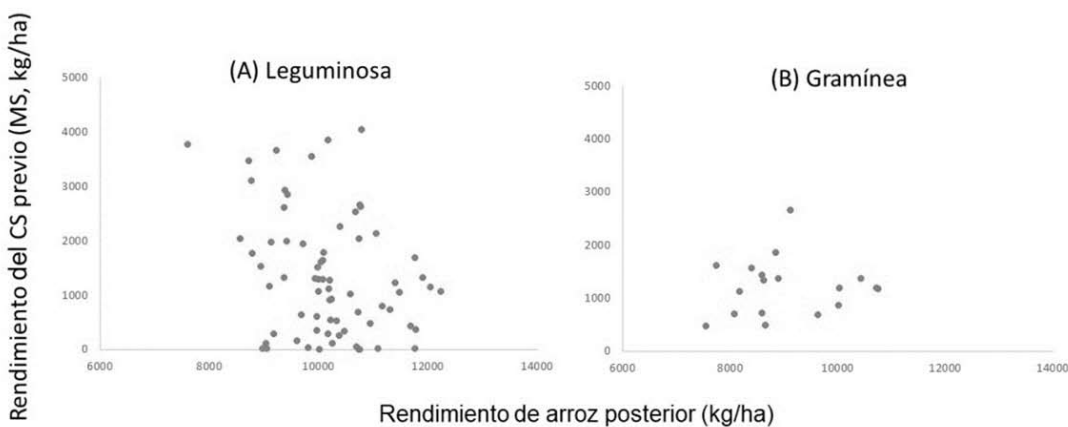


Figura 2. Asociación entre la biomasa del cultivo de servicio en base: A) leguminosas y B) gramíneas y el rendimiento de arroz subsiguiente (datos de 7 años).

Frente a la pregunta ¿Qué beneficios brindan CS de servicio con alta biomasa al subsiguiente cultivo de arroz? es posible pensar frente a los que se observa en las figuras 2A y 2B que existe una oportunidad en la utilización de los CS en la producción animal sin afectar la producción de arroz.

CONCLUSIONES

Existe un potencial productivo de aprox. 1500 kg/ha de los CS, independiente de que sean gramíneas o leguminosas, influenciado por una alta variabilidad entre años y la posibilidad de sembrar lo más temprano posible en abril.

Es dable pensar que la productividad lograda se pueda mejorar si se aplica fertilización con N y P según sean los CS gramíneas o leguminosas.

En la medida que se acumula mayor cantidad de biomasa por parte del CS, no se detectó una respuesta en la producción de arroz.

Se sugiere como modelo integrador explorar más fuertemente los beneficios de los CS en la ventana de tiempo otoño-invierno en otros usos (producción de carne) y los efectos económicos sobre el sistema arroz-pastura.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco-Canqui, H.; Shaver, T.; Lindquist, J.; Shapiro, C.; Elmore, R.; Francis, C.; Hergert, G. 2015. Cover crops and ecosystems services. Insights from studies in temperate soils. *Agronomy Journal* 107 (6): 2449-2974. <https://doi.org/10.2134/agronj15.0086>

Méndez, R.; Deambrosi, E. 2009. Efecto del barbecho químico y determinación del momento óptimo de aplicación de glifosato para la implantación y rendimiento del arroz sembrado con cero laboreo. In: Deambrosi, E.; Montossi, F.; Saravia, H.; Blanco, P.H.; Ayala, W. Eds. 10 años de la Unidad de Producción Arroz-Ganadería. Montevideo: INIA, 2009. p. 159-166 (INIA Serie Técnica; 180)

INIA Dirección Nacional

Avda. 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 4522 4061
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 2305
Fax 598 4452 5701
iniatt@tyt.inia.org.uy

www.inia.uy