

ISSN: 1688-9266

INIA



**INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA**

URUGUAY



ARROZ 2019

Agosto, 2019

SERIE
TÉCNICA

250

INIA

ARROZ 2019

Editores: José Terra *
Sebastián Martínez**
Horacio Saravia ***

* 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

Título: ARROZ 2019

Editores: José Terra, Sebastián Martínez, Horacio Saravia

Serie Técnica N° 250

doi: <http://doi.org.10.35676/INIA/ST.250>

ISBN: 978-9974-38-430-9

e-ISBN::978-9974-38-431-6

© 2019, INIA

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología del INIA
Andes 1365, Piso 12. 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

D.M.T.V., Ph.D. José Luis Repetto - Presidente

Ing. Agr., Mag. Mariana Hill - Vicepresidenta



Ing. Agr. Rafael Secco



Ing. Agr. Alberto Bozzo

Ing. Agr. Alejandro Henry



CONTENIDO

	Página
1- EVOLUCIÓN DE ALGUNAS VARIABLES TECNOLÓGICAS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY	1
2- USO DE PENDIMETALINA EN PREEMERGENCIA EN ARROZ	5
3- SELECTIVIDAD DE MEZCLAS DE HERBICIDAS EN INIA MERÍN	9
4- SELECTIVIDAD DE HERBEX APLICADO EN EL BARBECHO DE UN LABOREO DE VERANO SEMBRADO CON ARROCES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS	13
5- RESPUESTA AL KIFIX® DE CAPINES COLECTADOS DE ESCAPES DEL CONTROL EN ARROCES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS	17
6- ¿SE PUEDE PRODUCIR ARROZ Y CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD?	21
7- PATOTIPOS DE <i>PYRICULARIA ORYZAE</i> EN GRAMÍNEAS Y SU RELACIÓN CON EL BRUSONE DEL ARROZ EN URUGUAY	25
8- TENDENCIAS EN EL USO DE FUNGICIDAS EN ARROZ EN URUGUAY EN LAS ÚLTIMAS ZAFRAS	29
9- ¿ES POSIBLE SUSTITUIR UREA POR BIOFERTILIZANTES MANTENIENDO LA PRODUCTIVIDAD? EVALUACIÓN DE MICROGEO® EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ	33
10- VALIDACIÓN A ESCALA COMERCIAL DE LA PROPUESTA DE FERTILIZACIÓN N-P-K EN BASE A INDICADORES OBJETIVOS EN EL CULTIVO DE ARROZ	37
11- CORRELACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CONVENCIONAL Y DE UN SATÉLITE	41
12 - EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ SOBRE ROTACIONES CONTRASTANTES	45

13 - MANEJO DEL RIEGO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY	49
14- POTENCIAL Y BRECHA DE RENDIMIENTO DE ARROZ IRRIGADO EN URUGUAY Y OTROS PAÍSES ARROCEROS	53
15- CULTIVARES PROMISORIOS EN VALIDACIÓN COMERCIAL	57
16 - EVALUACIÓN REGIONAL DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i>	61
17- EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i> EN MULTI-AMBIENTES	67
18- EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES <i>ÍNDICA</i> EN FECHAS DE SIEMBRA	71
19- NUEVOS CULTIVARES CLEARFIELD®	77
20- EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES CLEARFIELD®	81
21- ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AGRONÓMICA EN CULTIVOS COMERCIALES DE ARROZ DE LA EMPRESA SAMAN; CL212 e INOV CL	85
22- VALIDACIÓN DE SNP ASOCIADOS A VARIABLES DE INTERÉS EN GERMOPLASMA <i>JAPÓNICA</i> TROPICAL DE INIA	89
23- ALGUNOS FACTORES QUE EXPLICAN LAS BRECHAS DE RENDIMIENTO DE ARROZ A NIVEL COMERCIAL	93

PRÓLOGO

Es un gusto poner a disposición una nueva publicación sobre el cultivo de arroz en el marco de la Jornada Arroz de INIA. La Serie técnica que acompaña la jornada año a año reporta los trabajos de investigación más consolidados para difundir, buscando garantizar la calidad de edición y contenidos para consulta y referencia de investigadores y técnicos asesores.

En los últimos años desde el Programa Arroz, la Direcciones Regionales de INIA Treinta y Tres e INIA Tacuarembó y la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología hemos logrado consolidar a la jornada anual, con el compromiso de los equipos técnicos y de apoyo, como una de las actividades “Destacadas” de INIA. La modalidad ha evolucionado en paneles temáticos con presentaciones de investigadores y técnicos nacionales y extranjeros a los que se han ido integrando productores a las discusiones generadas. El alcance nacional de la jornada destacada implica articular la organización con los representantes sectoriales de los Consejos Asesores Regionales. Este formato además de optimizar la organización y su difusión ha permitido enriquecer la actividad en sus contenidos técnicos-científicos.

Esta Serie técnica N° 250 la hemos denominado **“Tecnologías para el uso eficiente de los recursos en el arroz”**. Los problemas climáticos asociados a la falta de radiación en etapas críticas del cultivo en la zafra 2018-2019, que se sumaron a las dificultades económicas que acumula el sector desde hace años, se reflejaron en rendimientos que no lograron superar las expectativas para cubrir los costos y reducción del área sembrada amenazando la sostenibilidad del cultivo. En este marco complejo, desde la investigación aplicada intentamos aportar conocimientos y tecnologías de productos y procesos que se adapten a nuestros sistemas y contribuyan a mejorar su eficiencia y productividad global. En este sentido, durante la zafra 2018-2019 el equipo de investigadores del programa arroz hizo un esfuerzo importante de difusión y transferencia de tecnología coordinando reuniones y actividades de campo concretas en el territorio con los departamentos técnicos de los molinos, grupos de productores y técnicos asesores. Especial mención cabe a las cartillas que consolidan las principales recomendaciones técnicas y de manejo del cultivo que se han ido generando y publicando durante este tiempo.

La jornada resalta 4 grandes paneles asociados a los desafíos que se plantean, por un lado, el uso de las geo-tecnologías para nivelación y drenaje y las herramientas de teledetección para el manejo eficiente del agua en las chacras y la posibilidad de integrar la soja; por otro, la disponibilidad de recursos genéticos adaptados para explorar altos rendimientos en nuestros ambientes; el aprovechamiento de las variables climáticas y el uso eficiente del N para lograr los potenciales de rendimiento alcanzables en nuestros sistemas y por último, el manejo integrado de los factores reductores de rendimiento asociados a plagas, malezas y enfermedades. La charla de cierre de la jornada pretende dejar algún mensaje sobre las expectativas y los desafíos que se le abrirían al sector arrocero frente al reciente acuerdo comercial entre el MERCOSUR y la Unión Europea. Para enriquecer la discusión en estos paneles se incorporan aportes de técnicos asesores, investigadores de otras instituciones y comentaristas vinculados al sector productivo

Esta instancia es propicia para reconocer las contribuciones del equipo técnico y de apoyo de INIA por hacer disponible este material. Por otra parte, cabe mencionar que desde INIA seguimos apostando a la capacitación de posgrado de sus investigadores, en este caso con la inminente culminación de la maestría del Ing. Agr. Gonzalo Carracelas en la Universidad de Deakin en Australia y el comienzo del doctorado del Ing. Agr. MSc. Jesus Castillo en la Universidad de Cranfield y Rothamsted Research en el Reino Unido.

En tiempos complejos para el sector arrocero, agradecemos especialmente la invitación de la directiva de ACA para hacer de anfitriones en lo que fue la “Inauguración oficial de la cosecha de arroz 2019” en la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA como un mensaje de optimismo y esperanza en la generación de conocimiento como herramienta para un futuro más competitivo y pujante del sector.

Esperamos que los contenidos de la jornada y de esta publicación que la documenta, planteados en clave de búsquedas de eficiencias que ha caracterizado al sector en su historia, contribuyan con su propósito de acercar conocimientos, tecnologías e información a los productores para apoyar la toma de decisiones en sus sistemas de producción. 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

1. EVOLUCIÓN DE ALGUNAS VARIABLES TECNOLÓGICAS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

F. Molina¹, J. Terra ², A. Roel³

PALABRAS CLAVE: Área, Variedades, Nitrógeno, Fungicida, Rendimiento

INTRODUCCIÓN

La cadena agroindustrial arroceras se ha caracterizado en los últimos 15 años por un aumento sostenido de la productividad del cultivo. Los cambios tecnológicos que se han dado, explican en mayor o menor medida el continuo crecimiento del sector.

La información presentada corresponde a datos proporcionados por seis industrias arroceras del Uruguay, que en su conjunto representan más del 80% del área. El objetivo del trabajo fue consolidar la información recabada y cuantificar los cambios tecnológicos productivos más relevantes de los últimos 15 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las industrias o empresas arroceras reportan

anualmente un formulario con las variables productivas y tecnológicas más importantes: rendimiento, aplicación de agroquímicos por principio activo, fertilización, etc. Dicha información se presenta a nivel nacional y cuando corresponde, se la agrupa de acuerdo con las tres zonas principales de producción: este, centro y norte. En la mayoría de los casos, se hace referencia a las medias ponderadas en base a la producción o superficie de cada empresa.

RESULTADOS

En Uruguay el porcentaje de rastrojo se ha mantenido entorno al 40-45% del área arroceras del país. El porcentaje de campo nuevo no supera el 5% aunque ha venido bajando año tras año. Las rotaciones de más de un año ocupan el 50% del área y ese retorno se divide en mitades, en cuanto a la proporción de pasturas sembradas o pasturas naturales (Figura 1)

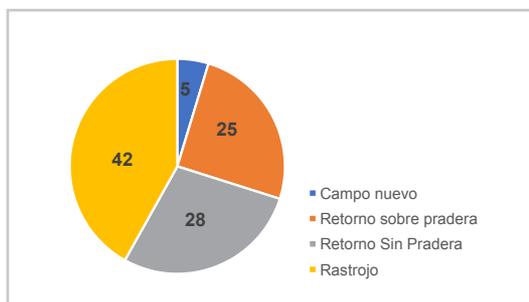


Figura 1. Uso de suelo promedio de los últimos 2 años

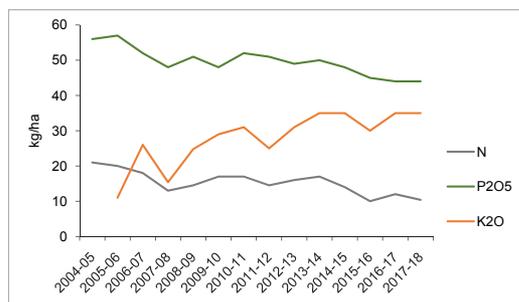


Figura 2. Fertilización a la base de macronutrientes en el cultivo de arroz.

N: nitrógeno, P₂O₅: fósforo y K₂O: potasio en kilos por hectárea en el cultivo de arroz.

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

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

³ Ph.D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

El uso de fertilización fosfatada ha bajado en todas las regiones arroceras ubicándose en 45 kg/ha de P₂O₅, de la misma manera, la fertilización con nitrógeno a la siembra ha bajado. Sin embargo, la fertilización con K ha aumentado en área y dosis. Actualmente se aplica en alrededor del 70% del área, con una dosis de 35 kg/ha de K₂O.

El uso de coberturas nitrogenadas ha aumentado aproximadamente 100% en todo el país. Particularmente en el este del país en 2004-2005 se usaba algo menos de 35 kg/ha de N. En 15 años, la dosis de nitrógeno se duplicó alcanzando a 70 kg/ha con una tasa de crecimiento de 6 kg/ha de Urea anualmente (Figura 3).

El número y proporción de cultivares ha cambiado sustancialmente en los últimos años. En el comienzo de la serie (2005) 3 cultivares, INIA Tacuarí, El Paso 144 e INIA Olimar ocupaban el 95% del área del país. Hoy día,

estos mismos cultivares no representan más del 50% del área y hay más de 15 cultivares en producción (Figura 4). El área Clearfield® en los últimos 3 años se ha mantenido en torno al 25%.

Los herbicidas más usados en la serie de 15 años han sido Clomazone y Quinclorac, si bien se ha visto una reducción en el uso de los mismos. Hoy ocupan el 54 y 16% del área respectivamente, dando lugar a nuevas moléculas (Penoxsulam 10% y Cyhalofop 11%) (Figura 5).

El uso de fungicidas ha aumentado sustancialmente, de 40% a 90%, con una tendencia a la baja en el último año por el uso de variedades resistentes a *Pyricularia*. Las moléculas más usadas son las mezclas de estrobilurinas con triazoles. Azoxistrobin sólo, ocupa más del 90% del área seguido de ciproconazol con 70% del área (Figura 6).

2

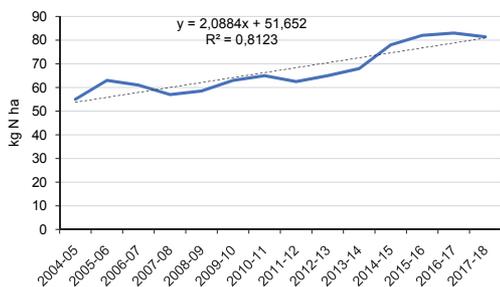


Figura 3. Cobertura nitrogenada en la zona Este en kilogramos por hectárea.

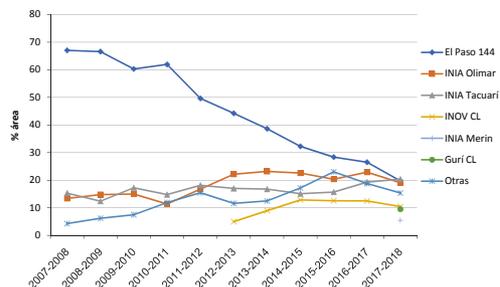


Figura 4. Porcentaje de área de las variedades e híbridos más sembrados.

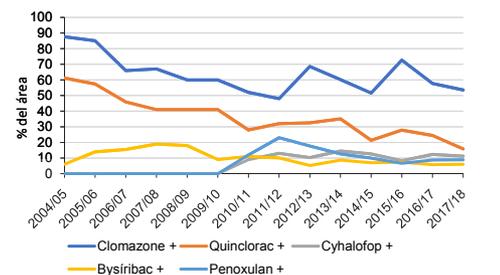


Figura 5. Porcentaje de área de los herbicidas más usados.

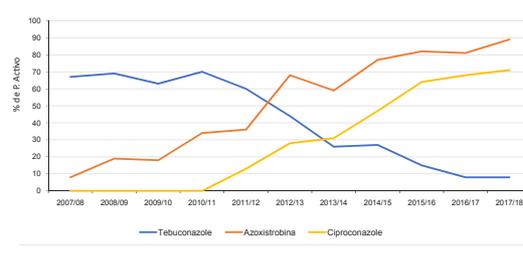


Figura 6. Porcentaje de área de los fungicidas más usados.

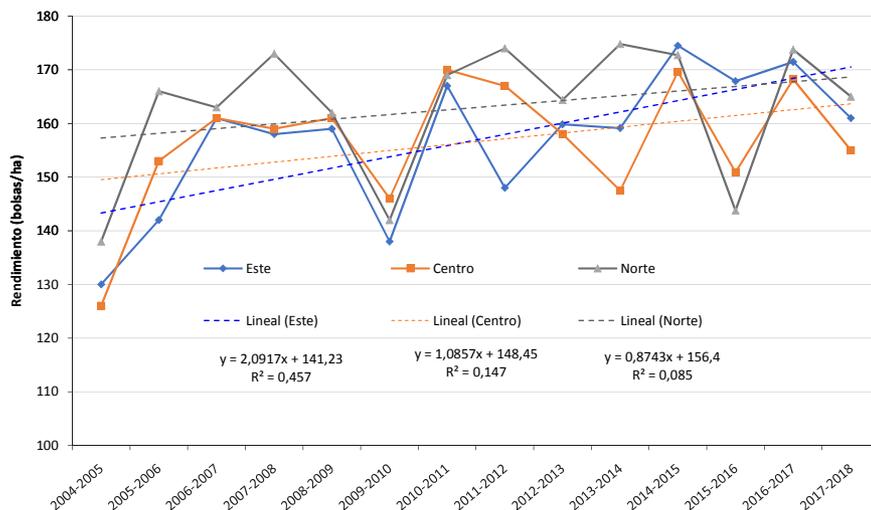


Figura 7. Rendimiento en bolsas (50 kg c/u) por hectárea para la zona este, centro y norte del país.

En los últimos años el rendimiento promedio ha pasado de 6600 kg/ha a 8250 kg/ha con una tasa de crecimiento de 80 kg/ha/año. Si bien el crecimiento ha sido sostenido, cuando se regionaliza el rendimiento, se aprecia claramente que la región este es la que más ha incrementado su rendimiento, mientras que el centro norte del país se ha mantenido casi constante.

CONCLUSIONES

El sector arrocerero ha pasado por varios cambios en los últimos años. Entre los más claros y probablemente más relacionados con el aumento de rendimiento se destaca el aumento en el número de cultivares, lo que lleva a una interacción genotipo ambiente positiva. El aumento de la dosis en las coberturas nitrogenadas y el mayor uso de potasio también pueden estar explicando esta tendencia, entre otras cosas. La protección del rendimiento mediante el uso de fungicidas y el uso de nuevas moléculas de herbicidas, si bien no aumentan el rendimiento han permitido explorar el potencial del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

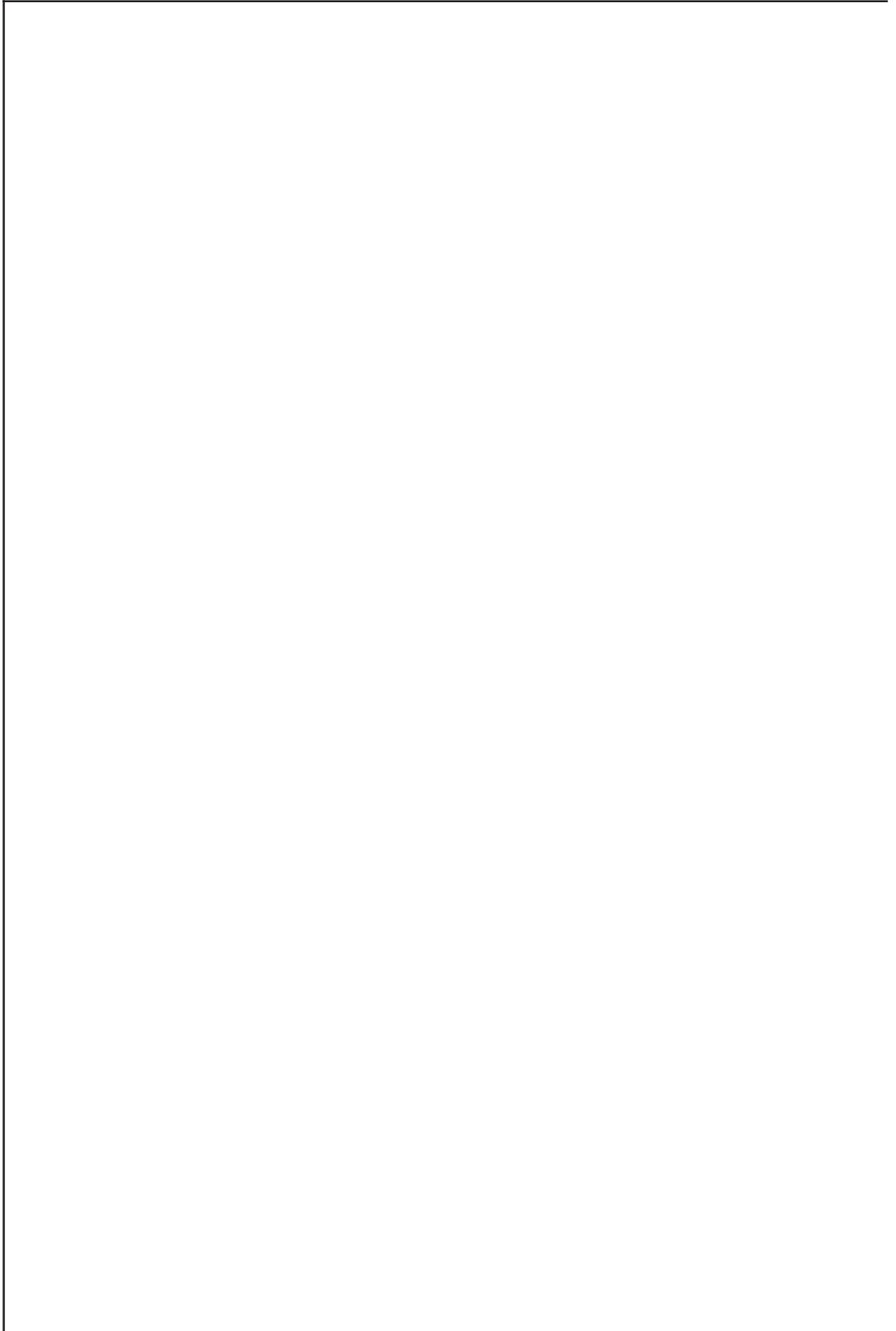
Se agradece muy especialmente, a la industria arrocerera del Uruguay (Arrozal 33, Casarone Agroindustrial, Coopar S.A., Damboriarena Escosteguy S.R.L., Glencore S.A.y Saman) por brindar esta información.

BIBLIOGRAFÍA

DIEA. 2014. Encuesta de Arroz: Zafra 2013/2014. Montevideo: MGAP. (Serie encuestas, 322). Recuperado de http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/encuesta_arroz_zafra_-_2013_-_14.pdf

DIEA. 2017. Encuesta de Arroz: Zafra 2016/2017. Montevideo: MGAP. (Serie encuestas, 346). Recuperado de http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/publicacion_final_para_la_web2017.pdf

INFORME DE ZAFRA. Grupo de Trabajo Arroz, Treinta y Tres, Uruguay. Recuperado de web <http://www.inia.uy/investigación-e-innovación/programas-nacionales-de-investigación/Programa-Nacional-de-Investigacion-en-Produccion-de-Arroz/informes-de-zafras>



2. USO DE PENDIMETALINA EN PREEMERGENCIA EN ARROZ

C. Marchesi¹, N. Saldain²

PALABRAS CLAVE: Dinitroanilina, *Echinochloa* sp., Clomazone

INTRODUCCIÓN

En cultivos de arroz de alta productividad, las pérdidas de rendimiento producidas por la competencia de malezas, especialmente *Echinochloa* spp., pueden ser muy elevadas. Si bien el rendimiento de arroz promedia 8,3 t/ha en el país, existen áreas con escapes importantes de poblaciones de capín donde las pérdidas de rendimiento varían entre 50 y 80% (Marchesi y Lavecchia, 2011). Entre otros factores se destaca la importancia de utilizar 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 pre-emergencia (PRE) (Andres *et al.* 2013), para que el cultivo se inicie en óptimas condiciones, sin competencia. En la actualidad, se cuenta con una opción en PRE, el clomazone, herbicida inhibidor de la síntesis de pigmentos carotenoides (F4 según HRAC-Herbicide Resistance Action Committee), muy efectivo pero con muy alta presión de vapor, lo que implica riesgos importantes de volatilización y deriva. Este hecho hace que el potencial de daño para otros cultivos o pasturas circundantes sea relevante. Villalba *et al.* (2016) demostraron la incidencia de temperaturas del aire y humedad de suelo en los procesos de pérdidas de clomazone por volatilización. La permanencia del herbicida en el aire por mucho tiempo por falla de deposición total al momento de la aplicación

(Villalba *et al.* 2018) aumenta las chances de deriva. 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, las condiciones climáticas que sucedan posterior a la aplicación (Saldain y Marchesi, 2012). La alta dependencia actual del sector con el clomazone como herbicida de PRE, lleva a la conveniencia de buscar otras alternativas. En la actualidad surgió la pendimetalina, inhibidor del ensamblaje de microtúbulos (K1), un antiguo principio activo formulado como cápsulas solubles en agua. 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 para alternar herbicidas en PRE o mezclar, siempre apuntando a un muy buen control y disminuir el riesgo de evolución de resistencia. En una primera aproximación al uso de pendimetalina PRE demorada (PRE-DEM) realizada en 2017, se observó una tendencia a afectar la implantación del arroz, no incidiendo en el desarrollo posterior del cultivo ni en el rendimiento final. Para profundizar más en su conocimiento, se planificó un experimento donde se comparó a la pendimetalina (formulación CS), con otro herbicida preemergente (clomazone) y 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 aplicarlo en PREDEM 7-10 días luego de la siembra, para asegurarse que el arroz haya “movido” la semilla antes que el herbicida esté disponible, de forma de evitar su absorción y po-

¹ PhD., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. cmarchesi@inia.org.uy

² MSc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

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

MATERIALES Y MÉTODOS

Se planteó la instalación del experimento en la zona norte (Artigas), sobre suelos arcillosos de alta fertilidad (con un contenido de arcilla de 40%), en una chacra proveniente de una rotación arroz-pasturas de baja intensidad. Se realizó laboreo reducido en el otoño, se aplicó un herbicida total (glifosato) en setiembre y se instaló el experimento 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. La siembra se realizó el 8 de octubre de 2018 en parcelas de 2,5m* 8m, con una densidad de 488 semillas/m² de arroz y fertilizando acorde al análisis de suelo (NPK según Fertiliz-Arr, www.inia.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

en horas tempranas de la mañana, evitando los momentos de altas temperaturas y viento. Los herbicidas utilizados fueron clomazone (480 g/l i. a.), y pendimetalina (455 g/l i. a.), en formulaciones CE y CS, respectivamente y el detalle de las dosis y mezclas se presentan en el Cuadro 1.

La inundación del cultivo se estableció a los 21 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. La colecta se realizó con una cosechadora Foton LOVOL, en un área de 16 m² (2m*8m) por parcela, corrigiéndose los rendimientos a 13% de humedad. El diseño del experimento fue en bloques completos al azar (BCA), con tres repeticiones, y para el análisis estadístico se utilizó Infostat aplicando ANOVA, separando las medias por la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) 5%, y además, se realizaron contrastes ortogonales entre los tratamientos de mayor interés.

RESULTADOS

En la comparación de todos los tratamientos de herbicidas aplicados, no hubo diferencias en la implantación de INIA Merín, evaluada a los 10 DDE (Cuadro 2). Sin embargo, hubo una tendencia a disminuir la población lograda cuando la pendimetalina se utilizó en PRE vs en PREDEM ($p=0,0577$).

Cuadro 1. Detalle de los tratamientos de herbicida utilizados. Artigas, 2018-2019.

Tratamientos	Herbicidas y momento	Dosis g/ha ia 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.

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

Herbicida l/ha	Población arroz	Control 10 DDE	Altura planta a 30 DDE	cosecha	Rendimiento kg/ha
Testigo	344	66 a	43	99	9503 d
Clomazone PRE-1	322	52 abc	41	96	10103 bcd
Clomazone PREDEM-1	319	78 a	41	97	10162 bcd
Pendimetalina PRE-3	294	24 c	42	98	10480 abc
Pendimetalina PREDEM-3	334	66 a	45	98	9691 cd
Pendimetalina PREDEM-5	326	60 ab	43	96	10559 abc
Clom 0,8 + Pend PRE-2	341	25 bc	43	98	11179 a
Clom 0,8 + Pend PREDEM-2	312	76 a	41	98	10627 ab
<i>MDS</i> ($\alpha=0,05$)	41,5	40,6	3,7	3,0	888,2

Contrastes	p-value				
Efecto "herbicida"	0,3225	0,0335	0,2768	0,5655	0,0244
Clomazone vs pendimetalina	0,6532	-	-	-	0,8739
Mezclas herbicidas vs herbicidas	0,5189	-	-	-	0,0122
Clomazone PRE-1 vs PREDEM-1	0,8933	0,2436	-	-	0,8881
Pend PRE-3 vs PREDEM-3	0,0577	0,0223	-	-	0,0776
Pendimetalina PREDEM-3 vs -5	-	-	-	-	0,0548
Herbicidas vs testigo	-	-	-	-	0,0125

Las medias seguida(s) por la misma(s) letra(s) dentro de columna no difieren significativamente entre sí según la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) con un $\alpha = 0,05$

En cuanto al control de *Echinochloa* evaluado a 10 DDE, hay diferencias entre los tratamientos herbicidas ($p=0,0335$) (Cuadro 2). Además, comparando ambos herbicidas entre momentos de aplicación (PRE y PREDEM), en pendimetalina se vio un beneficio de aplicar más temprano ($p=0,0223$), ya que se reduce la población de capín presente. No se observaron diferencias en el crecimiento del cultivo, evaluado como altura de arroz y evaluación fenotípica a 30 DDE y altura del arroz a cosecha, para ninguno de los tratamientos (Cuadro 2). En cuanto al resultado en rendimiento en grano seco y limpio de arroz (kg/ha), se observaron comportamientos diferenciales de interés (Cuadro 2). En primer lugar, y como es esperable, hubo una diferencia de todos los tratamientos herbi-

cidas superando al testigo sin aplicación ($p=0,0125$). Además, hubo diferencias entre las dosis de pendimetalina usada en PREDEM ($p=0,0548$), y aparece una tendencia a lograr mejores resultados productivos con el uso de dicho herbicida en PRE vs PREDEM, en la dosis recomendada ($p=0,0776$). Lo más relevante es que se obtuvo una ventaja del uso de las mezclas de ambos herbicidas, clomazone + pendimetalina, sobre el uso individual de cualquiera de ellos ($p=0,0122$), independientemente del momento de aplicación (PRE o PREDEM). Este resultado es especialmente interesante ya que está 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*.

CONCLUSIONES

El uso de la pendimetalina formulación H2O en PRE puede afectar, en un porcentaje mínimo a la implantación del arroz en suelos arcillosos de alta fertilidad. De todas formas, el crecimiento del cultivo no se vio afectado durante su ciclo, logrando excelentes rendimientos en grano.

Los mejores tratamientos logrados en cuanto a rendimientos en grano, fueron la mezcla de ambos herbicidas pendimetalina + clomazone, aplicada tanto en PRE como en PRE-DEM. Este hecho asegura, además, que se están tomando recaudos para enlentecer la posible evolución de resistencia de las malezas a los herbicidas.

Es de interés ampliar el estudio y evaluar el comportamiento de la pendimetalina sola y en mezclas con clomazone en condiciones de suelos más livianos y de menor fertilidad, para poder generalizar la recomendación de uso en todas las zonas arroceras del país.

AGRADECIMIENTOS

A Manuel Pérez Ois de BASF Uruguay por facilitar el producto BAS 455 48H, y por su disponibilidad para intercambiar conceptos.

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.

Kending, A. **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. y 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. INIA Tacuarembó. p. 12–23. (Actividades de Difusión; 652) .

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

Villalba, J.; Besil, N.; Rezende, S.; Collazo, M.; Cesio, V. 2018. Deposición de clomazone en cultivo de arroz y la volatilización posterior a la aplicación, in: INIA (Ed.), Arroz 2018. Montevideo: INIA. p. 70-72. (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. Treinta y Tres: INIA. p. 29-32. (Actividades de Difusión; 766).

3. SELECTIVIDAD DE MEZCLAS DE HERBICIDAS EN INIA MERÍN

N.E. Saldain¹, B. Sosa²

PALABRAS CLAVE: Inhibidores PSII, Inhibidores ALS, Inhibidores ACCase

INTRODUCCIÓN

El área sembrada con arroz en Uruguay viene disminuyendo persistentemente y para sobrellevar el contexto adverso, los productores han adoptado variedades de alta productividad. INIA Merín fue sembrada en unas 25000 ha según Pérez de Vida (comunicación personal, 2019) en la zafra pasada. El herbicida Aura disminuyó el rendimiento de arroz de INIA Olimar, asociándose el daño observado al tamaño de la planta de arroz, la dosis del herbicida y las temperaturas en el entorno de la aspersión, mientras que INIA Tacuarí (subtipo *japónica* tropical) no fue afectada (Saldain y Deambrosi, 2003). La selectividad de los herbicidas en los cultivos dependerá de las capacidades de las especies para activar, inactivar, degradar o secuestrar los principios activos y de la tasa de transformación (Hatzios, 1989). El objetivo del presente trabajo fue generar información sobre el comportamiento de mezclas de herbicidas usados sobre INIA Merín en postemergencia, después de usar clomazone en preemergencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2017-2018 se condujo un experimento sobre un laboreo de verano nivelado al que se le había aplicado glifosato en la Unidad Experimental Paso de la Laguna. Se sembró el 16 de octubre de 2017 INIA Merín en líneas a razón de 390 semillas viables/m² siendo equivalente a 117 kg/ha de semilla. Se fertilizó en la línea con un fertilizante binario 0-25/25-25 a razón de 126 kg/ha. Al día siguiente, en preemergencia se asperjó 0,8

l/ha de Cibelcol. Se usó un equipo presurizado con anhídrido carbónico que entregaba 140 l/ha. Los tratamientos evaluados fueron: Propanil sólo (propanil a 480 g/l, inhibidor PSII), las mezclas de tanque de Ricer (pinoxulam a 240 g/l, inhibidor ALS) + Propanil y de Byspirineé (bispiribac a 400 g/l, inhibidor ALS) + Propanil, una formulación local de bispiribac + metamifop ((40 g + 100 g/l), las mezclas de tanque de Aura (profoxidim a 200 g/l, inhibidor ACCase) + Clincher (cihalofop a 180 g/l, inhibidor ACCase) y Metamifox (metamifop a 100 g/l, inhibidor ACCase) + Cyncha (cihalofop a 180 g/l), ajustándose las dosis según el momento de aplicación. Se dispusieron los tratamientos en bloques al azar con tres repeticiones. En ausencia de capín en las parcelas, la postemergencia se realizó el 27 de noviembre de 2017 para el Momento 1 y el 7 de diciembre de 2017 para el Momento 2, mientras que la fecha de inundación fue el 1 de diciembre de 2017 y 11 de diciembre de 2017; respectivamente. Se aplicaron 130 kg/ha de urea previo a la inundación y se agregaron 50 kg/ha de urea al alargamiento de entrenudos el 08 de enero de 2018. El análisis estadístico se realizó para cada momento de aplicación independientemente, usándose el procedimiento Proc Mixed del SAS Institute v9.4.

RESULTADOS

Momento 1. Se presentan gráficamente las condiciones ambientales en el entorno de los siete días previos y posteriores a la aspersión de los tratamientos herbicidas en el Momento 1 de aplicación (Figura 1). Aún siendo las temperaturas del aire más frías en 2017-2018 que en el año 2003-2004 (01-dic-2003), donde ocurrió la máxima toxicidad por

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

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

Aura en INIA Olimar (datos no publicados), no se observaron daño en etapas vegetativas, ni atrasos en el inicio de la floración en ninguno de los tratamientos evaluados (Cuadro 1). Las plantas de arroz estuvieron expuestas a radiación solar alta en los cinco días previos y el día posterior a la aspersión y sumado a que se usó una dosis más baja de proflidim con arroz más grande, colaboraron a que la mezcla de tanque con Aura no mostrara efectos adversos (Figura 2).

Momento 2. A continuación, se muestran los datos ambientales referidos entorno a la aplicación correspondiente en la figura 2. Tanto

la temperatura media como la mínima sobre el césped tendieron a ser más elevadas en 2017-2018 que en 2003-2004. Se aprecia que la radiación solar fue más alta previo a la aspersión de los herbicidas. Tampoco se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados para las variables presentadas en los cuadros 3 y 4. En el Momento 1, el promedio del rendimiento de arroz fue menor y la esterilidad más alta que en el Momento 2. Probablemente, este hecho se debió a que se presentaron mayor número de días con temperaturas mínimas por debajo de 15°C alrededor de la floración en el Momento 1.

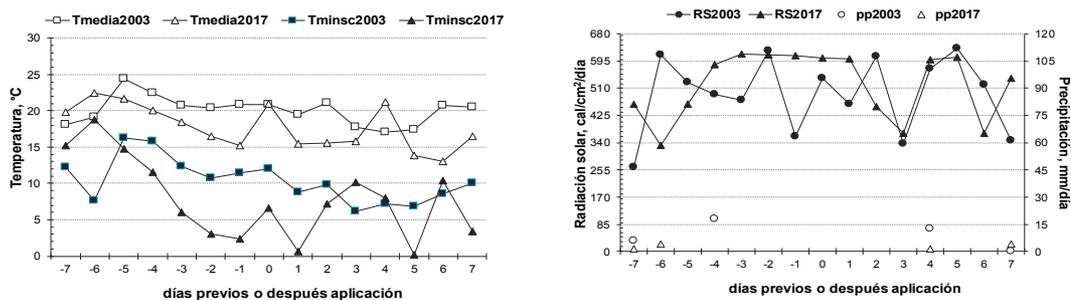


Figura 1. Evolución diaria de algunas variables del tiempo atmosférico \pm 7 días en el entorno de la fecha de aplicación de los tratamientos (1-dic-2003 y 27-nov-2017) en el Momento 1. Izquierda: temperaturas media y mínima a 5 cm sobre el césped; Derecha: radiación solar y precipitaciones. UEPL, 2003-2004 y 2017-2018.

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos herbicidas aplicados en el Momento 1 para las variables seleccionadas. UEPL, 2017-2018

Postemergencia	Tratamientos herbicidas	Dosis l/ha	if50	Altura, cm	Humedad %	Esterilidad	
	Sin aplicación en postemergencia	-	14-feb	82,8	17,8	22,6	
Momento 1 menos del 50% de plantas de arroz con macollos	Propanil + Li700	3,5 + 0,250	12-feb	85,7	17,1	23,7	
	Ricer + Propanil + Uptake	0,120 + 3,5 + 0,5	15-feb	84,8	17,5	19,9	
	Byspirineé + Propanil + GRÜN ÖL	0,08 + 3,5 + 0,5	15-feb	84,0	18,2	18,5	
	(bispiribac + metamifop) + GRÜN ÖL	0,75 + 0,5	15-feb	82,7	17,9	20,3	
	Aura + Clincher + Dash	0,5 + 1,6 + 0,5%	14-feb	84,4	18,0	22,4	
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	0,75 + 1,6 + 0,5	15-feb	80,5	17,5	18,7	
Media			14-feb	83,6	17,7	20,9	
C.V.%				0,003	2,7	2,4	47,7
Sig. Bloques				0,0972	0,0311	0,0075	0,2920
Sig. Tratamientos				0,5063	0,2031	0,0849	0,9908
Dunnett _{0,05}				-	-	ns	-

if50=inicio de floración con 50% de las panojas floreciendo, Esterilidad= (granos chuzos/granos totales)*100

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos herbicidas aplicados en el Momento 1 para el rendimiento de arroz y sus componentes. UEPL, 2017-2018

Postemergencia	Tratamientos herbicidas	Dosis l/ha	Panojas /m ²	gllp	pmg, g	RSSL kg/ha
Momento 1	Sin aplicación en postemergencia	-	618	55	26,0	11789
menos del 50% de plantas de arroz con macollos	Propanil + Li700	3,5 + 0,250	598	54	26,0	11485
	Ricer + Propanil + Uptake	0,120 + 3,5 + 0,5	582	76	26,4	12960
	Byspirineé + Propanil + GRÜN ÖL	0,08 + 3,5 + 0,5	719	69	26,4	12880
	(bispiribac + metamifop) + GÜN ÖL	0,75 + 0,5	647	85	26,7	14314
	Aura + Clincher + Dash	0,5 + 1,6 + 0,5%	653	75	26,6	13954
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	0,75 + 1,6 + 0,5	559	81	26,2	14431
Media			625	71	26,3	13116
C.V.%			16,2	25,1	0,9	9,8
Sig. Bloques			0,3906	0,0758	0,0002	0,0216
Sig Tratamientos			0,566	0,2974	0,213	0,08
Dunnett0,05			-	-	-	ns

gllp=granos llenos/panoja, pmg=peso mil granos, RSSL=rendimiento de arroz seco, sano y limpio

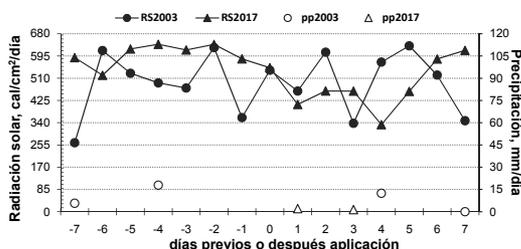
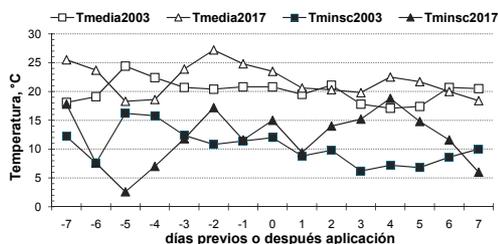


Figura 2. Evolución diaria de algunas variables del tiempo atmosférico ± 7 días en el entorno de la fecha de aplicación de los tratamientos (1-dic-2003 y 7-dic-2017) en el Momento 2. Izquierda: temperaturas media y mínima a 5 cm sobre el césped; Derecha: radiación solar y precipitaciones. UEPL, 2003-2004 y 2017-2018.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos herbicidas aplicados en el Momento 2 para las variables seleccionadas. UEPL, 2017-2018

Postemergencia	Tratamientos herbicidas	Dosis l/ha	if50	Altura, cm	Humedad %	Esterilidad
Momento 2	Sin aplicación en postemergencia	-	19-feb	85,8	18,3	13,1
más del 50% de plantas de arroz con macollos	Propanil + Li700	5,5 + 0,250	19-feb	85,1	18,9	11,6
	Ricer + Propanil + Uptake	0,2 + 5,5 + 0,5	20-feb	84,9	18,4	13,6
	Byspirineé + Propanil + GRÜN ÖL	0,1 + 5,5 + 0,5	19-feb	83,4	18,3	12,6
	(bispiribac + metamifop) + GRÜN ÖL	1,0 + 0,5	19-feb	83,1	18,2	11,9
	Aura + Clincher + Dash	0,875 + 2,4 + 0,5%	19-feb	86,2	18,8	12,8
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	18-feb	87,2	18,6	14,2
Media			19-feb	85,1	18,5	12,8
C.V.%			0,002	3,0	1,8	19,5
Sig. Bloques			0,1837	0,2257	0,0026	0,1689
Sig Tratamientos			0,4189	0,4698	0,1357	0,8694

if50=inicio de floración con 50% de las panojas floreciendo, Esterilidad=(granos chusos/granos totales)*100

Cuadro 4. Efecto de los tratamientos herbicidas aplicados en el Momento 2 para el rendimiento de arroz y sus componentes. UEPL, 2017-2018

Postemergencia	Tratamientos herbicidas	Dosis l/ha	Panojas /m ²	gllp	pmg, g	RSSL
Momento 2 más del 50% de plantas de arroz con macollos	Sin aplicación en postemergencia	-	712	69	26,9	13997
	Propanil + Li700	5,5 + 0,250	663	80	26,9	13417
	Ricer + Propanil + Uptake	0,2 + 5,5 + 0,5	547	70	26,9	13925
	Byspirineé + Propanil + GRÜN ÖL	0,1 + 5,5 + 0,5	516	67	27,1	13885
	(bispiribac + metamifop) + GÜN ÖL	1,0 + 0,5	647	64	26,9	14308
	Aura + Clincher + Dash	0,875 + 2,4 + 0,5%	578	67	26,9	14575
	Metamifox + Cyncha + GRÜN ÖL	1,0 + 2,4 + 0,5	640	70	26,8	13361
Media			611	70	26,9	14018
C.V.%			15,7	12,1	0,6	7,7
Sig. Bloques			0,6323	0,0758	0,0009	0,4283
Sig Tratamientos			0,3306	0,4537	0,5204	0,799

gllp=granos llenos/panoja, pmg=peso mil granos, RSSL=rendimiento de arroz seco, sano y limpio

CONCLUSIONES

Las mezclas de herbicidas evaluados mostraron muy buena selectividad en INIA Merín en las condiciones dadas; sin embargo, al ser tan dependiente de las condiciones ambientales, se recomienda seguir evaluándolos por más tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

Hatzios, K.K. 1997. Regulation of enzymatic systems detoxifying xenobiotics in plants: a brief overview and directions for future research. In: HATZIOS, K.K. (Ed.). Regulation of enzymatic systems detoxifying xenobiotics in plants. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p. 1-5.

Saldain, N.E. y Deambrosi, E. 2003. Selectividad de herbicidas para capín (*Echinochloa* spp.) en variedades de arroz en el este del Uruguay. In: Congreso Latinoamericano de Malezas, 16 y Congreso Nacoinal de la Asociación Mexicana de la Ciencia de la Maleza, 24. 2003, Manzanillo, Colima, México. Memoria...Manzanillo, Colima, ASOMECIMA.

4. SELECTIVIDAD DE HERBEX APLICADO EN EL BARBECHO DE UN LABOREO DE VERANO SEMBRADO CON ARROCES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS

N.E. Saldain¹, B. Sosa²

PALABRAS CLAVE: Metsulfurón, Mutación ALS Ser₆₅₃Asp, Mutación ALS Ala₁₂₂Thr.

INTRODUCCIÓN

El metsulfurón es una sulfonilurea (Grupo B según HRAC), muy usada para controlar malezas de hoja ancha y trébol blanco, especialmente cuando se siembra un retorno que viene de pradera. Técnicos han observado daño de las aplicaciones realizadas muy cercanas a la siembra en el arroz convencional, especialmente en INIA Tacuarí (subtipo *japónica* tropical). En China, la variedad Xiushui 63 sensible al metsulfurón presentó menor crecimiento de la plántula que la variedad tolerante Zhenong 952 cuando crecieron en un suelo con metsulfurón a razón de 0,050 mg/kg de suelo (Li *et al.*, 2005 y Li, *et al.*, 2007). La absorción de las sulfonilureas y de las imidazolinonas del mismo suelo puede originar efectos adversos en especies sensibles (Johnson *et al.*, 2005). El objetivo del trabajo fue generar información sobre el efecto del Herbex-metsulfurón aplicado en el barbecho de un laboreo de verano, previo a la siembra de materiales de arroz resistentes a las imidazolinonas, que portan mutaciones distintas en la enzima ALS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zafra 2016-2017. Se estudió un arreglo factorial de los tratamientos dispuesto en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se interaccionó el momento de aplicación del Herbex (600 g/kg de metsulfurón) en el bar-

becho respecto a la fecha de siembra (28 y 14 días antes de la siembra, DAS), con dosis de Herbex (0, 5 y 10 g/ha) mezclada en el tanque con Glifoweed Platinum a 3,5 l/ha siendo ambos factores interaccionados con la siembra en directa de CL212 y CL933 (variedades, homocigotas, Ser₆₅₃Asp), y Titán CL (RiceTec, híbrido, heterocigota, Ala122-Thr) el 17 de octubre. Al día siguiente, se fertilizó con 130 kg/ha de 18-46-0 más 50 kg/ha de 0-0-60 al voleo. La densidad de siembra fue de 154 y 145 kg/ha de semilla para CL212 y CL933, mientras que se usaron 40 kg/ha para Titán CL. En preemergencia (21 de octubre) se asperjó 140 g/ha de KIFIX®, repitiéndose en postemergencia temprana (24-nov). Se aplicó 130 kg/ha de urea al macollaje (28 de noviembre), inundándose las parcelas ese día, mientras que se agregaron 50 o 70 kg/ha en el alargamiento de entrenudos para CL212, CL933 y para Titán CL el 02 de enero.

Zafra 2017-2018. Se sembraron dos ensayos fertilizados con 126 kg/ha de 9-25/25-25 en la línea el 06 e noviembre. En uno se usaron CL212, CL933 e INOV CL (RiceTec, híbrido, heterocigota, Ser₆₅₃Asp), interaccionado con dosis de Herbex (0, 5 y 10 g/ha) aplicadas el 23 de octubre (14 DAS), y tres tratamientos herbicidas: sin Kifix®, 140 g/ha de KIFIX® en preemergencia (07 de noviembre) seguido de la misma dosis en postemergencia temprana (06 de diciembre), y 280 g/ha de KIFIX® solo en postemergencia temprana. La densidad de siembra fue de 135 kg/ha de semilla para CL212, 125 kg/ha para CL933 y 40 kg/ha

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

² Téc. Agro. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

para INOV CL. En el otro, se evaluaron Gurí INTA CL (variedad, homocigota, Ala122Thr) y Titán CL interaccionados con los tratamientos mencionados anteriormente. La densidad de siembra usada en Gurí INTA CL fue de 135 kg/ha de semilla. Se aplicaron 130 kg/ha de urea al macollaje previo a la inundación (11 de diciembre), mientras que en ambos ensayos al alargamiento de entrenudos se aplicaron 50 kg/ha para INOV CL (02-ene), y para CL212, CL933, Gurí INTA CL y Titán CL (08 de enero).

RESULTADOS

Zafra 2016-2017. No existieron lluvias de importancia entre las aplicaciones del Herbex y la aplicación de Kifix® en preemergencia, determinando menor cantidad de residuos disponibles para la absorción por el arroz según Wang *et al.* (2009). El análisis estadístico detectó que el factor materiales resis-

tentes a las imidazolinonas causó diferencias muy significativas en todas las variables ($p > 0,0001$, datos no mostrados). Se observó una tendencia a la disminución en la densidad de plantas ($p = 0,0785$) debida a la dosis de Herbex (Cuadro 1) y se detectó una interacción significativa entre momento de aplicación y materiales resistentes a las imidazolinonas en el rendimiento de arroz (Cuadro 2). Si bien el número de plantas tendieron a bajar con las dosis de Herbex las diferencias no fueron significativas, ni afectaron a otras variables ni tampoco al rendimiento de arroz. Con respecto a la interacción, se destaca que la productividad del híbrido Titán CL fue significativamente superior en el momento de aplicación del Herbex a los 28 DAS que a los 14 DAS; sin embargo, siempre fue significativamente mayor que la de CL212 y CL933. Los granos chuzos por panoja se asociaron bastante a la variación observada en el rendimiento.

Cuadro 1. Efecto de la dosis de Herbex en algunas variables seleccionadas y la productividad del arroz. UEPL, 2016-2017

Herbex g/ha	Plantas /m ²	inicio floración	Altura planta, cm	Panojas /m ²	granos/panoja		Peso mil granos, g	RSSL kg/ha
					llenos	chuzos		
0	193 a	3-feb	90,6	564	80	14	26,8	11310
3	181 a	3-feb	91,2	595	78	14	26,6	11663
6	167 a	3-feb	90,3	608	82	15	26,9	11735
Dunnett _(0,05)	61	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

RSSL=Rendimiento de arroz sano, seco y limpio

Cuadro 2. Efecto de la interacción momento de aplicación del Herbex y los materiales resistentes a las imidazolinonas en algunas variables seleccionadas y la productividad del arroz. UEPL, 2016-2017

Aplicación Herbex	Variedad	plantas /m ²	Inicio floración	Altura planta, cm	Panojas /m ²	granos/panoja		Peso mil granos, g	RSSL kg/ha
						llenos	chuzos		
28 DAS	CL212	228	30-ene	91,1	634	59	6 c	28,7	10238 c
28 DAS	CL933	246	3-feb	90,7	539	77	14 b	26,9	10926 c
28 DAS	TITÁN CL	75	8-feb	89,1	594	100	22 a	24,4	13944 a
14 DAS	CL212	221	31-ene	92,5	626	62	7 c	29,0	10639 c
14 DAS	CL933	227	2-feb	91,7	542	78	12 bc	26,8	10935 c
14 DAS	TITÁN CL	84	7-feb	89,2	598	103	26 a	24,5	12733 b
Tukey _(0,05)		ns	ns	ns	ns	ns	6	ns	1016

DAS=días antes de la siembra, RSSL=Rendimiento de arroz sano, seco y limpio

Zafra 2017-2018. Dos lluvias de 40 mm ocurrieron después de la aplicación del Herbex comparado con zafra anterior, detectándose una interacción significativa entre la dosis de Herbex y los tratamientos con Kifix® ($p=0,0313$) para el inicio de floración en los materiales que llevan la mutación Ser₆₅₃ (Cuadro 3), mientras que esa interacción no fue significativa en los materiales con la mutación Ala122 (Cuadro 4). Cuando se usó el tratamiento herbicida de Kifix® en preemergencia seguido de Kifix® en postemergencia, se atrasó el inicio de la floración con el aumento de la dosis de Herbex; sin embargo, este hecho no fue observado en el resto de los tratamientos con Kifix®. Ese comportamiento no se tradujo en diferencias significativas en otras variables ni en el rendimiento para los materiales resistentes a las imidazolinonas que llevan la mutación Ser₆₅₃. La productividad de INOV fue superior significativamente a la de CL212 y la de ésta

a la CL933, alcanzándose rendimientos de 12783, 12044 y 11197 kg/ha respectivamente. En el cuadro 4, se aprecia que la interacción entre dosis de Herbex y los tratamientos con Kifix® no generó diferencias significativas en ninguna de las variables presentadas en los materiales resistentes que llevan la mutación Ala122. La productividad de Titán CL fue significativamente superior a la de Gurí INTA CL alcanzando 13424 y 12162 kg/ha, respectivamente. Se detectaron diferencias significativas entre estos materiales para algunas variables que no son presentados en este informe.

CONCLUSIONES

El intervalo de seguridad mínimo para la aplicación de 5 g/ha de Herbex en barbechos que se sembrarán con arroces resistentes a las imidazolinonas es de 14 días antes de la siembra para suelos con pH por debajo de 6.

Cuadro 3. Efecto de la interacción entre dosis de Herbex y tratamientos con Kifix® en algunas variables seleccionadas y la productividad del arroz resistente a la imidazolinonas llevando la mutación Ser₆₅₃ en la ALS. UEPL, 2017-2018

Herbex g/ha	Kifix®	Plantas /m ²	inicio floración	Altura planta, cm	Panojas /m ²	Granos/panoja llenos	chuzos	Peso mil granos, g	RSSL kg/ha
0	0	144	16-feb	83,5	623	71	16	28,4	12055
0	140//140	131	14-feb	84,6	600	72	14	28,4	12313
0	280	136	17-feb	84,4	623	72	16	28,4	11690
5	0	138	16-feb	84,4	610	76	w15	28,2	12018
5	140//140	143	16-feb	84,9	603	71	17	28,3	11910
5	280	141	17-feb	84,3	664	65	17	28,2	12114
10	0	144	16-feb	84,0	571	69	14	28,4	12316
10	140//140	139	17-feb	83,7	664	75	15	28,1	12035
10	280	135	16-feb	84,9	652	72	18	28,3	11622
Tukey _{0,05}		ns	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Cuadro 4. Efecto de la interacción entre dosis de Herbex y tratamientos con Kifix® en algunas variables seleccionadas y la productividad del arroz resistente a la imidazolinonas llevando la mutación Ala122 en la ALS. UEPL, 2017-2018

Herbex g/ha	Kifix®	Plantas /m ²	Inicio floración	Altura planta, cm	Panojas /m ²	Granos/panoja		Peso mil granos, g	RSSL kg/ha
						llenos	chuzos		
0	0	137	19-feb	82,9	630	66	16	25,2	12985
0	140//140	160	19-feb	80,5	646	76	17	25,1	12935
0	280	144	20-feb	81,6	611	68	19	25,1	13054
5	0	115	20-feb	81,2	599	73	14	25,2	12252
5	140//140	152	19-feb	82,1	626	71	15	25,0	12969
5	280	158	20-feb	82,1	609	72	15	25,2	13021
10	0	135	20-feb	81,2	637	75	17	25,2	12868
10	140//140	150	20-feb	82,0	622	75	18	25,1	12665
10	280	137	20-feb	82,0	646	70	18	25,1	12391
Tukey _{0,05}		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

BIBLIOGRAFÍA

Li, Z.J.; Xu, J.M.; Muhammad, A.; Ma, G.R. 2005. Effect of bound residues of metsulfuron-methyl in soil on rice growth. *Chemosphere*, 58:1177-1183.

Li, Z.J.; Wang, H.Z.; Xu, J.M.; Wu, J.J.; Ma, G.R. 2007. Response of rice varieties to bound residues of metsulfuron-methyl in a paddy soil. *Pedosphere*, 17(4):487-492.

Johnson, E.N.; Moyer, J.R.; Thomas, A.G.; Leeson, J.Y.; Holm, F.A.; Sapsford, K.L.; Schoneau, J.J.; Szmigielski, Hall, L.M.; Kuchuran, M. E., Hornford. 2005. Do repeated applications of residual herbicides result in herbicide stacking? In: Van Acker, R.C. (Ed.) *Topics in Canadian Weed Science Vol 3 Soil Residual Herbicides: Science and Management*. Canadian Weed Science Society and Société Canadienne de malherbologie Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec, Canada.

Wang, H.Z.; Gan, J.; Zhang, J.B.; Xu, J.M.; Yates, S.R.; Wu, J.J.; Ye, Q.F. 2009. Kinetic distribution of ¹⁴C-metsulfuron-methyl residues in paddy soils under different moisture conditions. *Journal of Environmental Quality*, 38:164-170.

5. - RESPUESTA AL KIFIX® DE CAPINES COLECTADOS DE ESCAPES DEL CONTROL EN ARROCES RESISTENTES A LAS IMIDAZOLINONAS

N.E. Saldain¹, B. Sosa²

PALABRAS CLAVE: Imazapir + Imazapic, Resistencia, Susceptible

INTRODUCCIÓN

Técnicos y productores han observado más frecuencia de escapes de capín a la aplicación de la premezcla de imazapir + imazapic, especialmente cuando los arroces resistentes a las imidazolinonas han sido cultivados por más de dos años seguidos. La disponibilidad de un método rápido de diagnóstico descrito por Matzenbacher *et al.* (2013) y la adquisición de una cámara de crecimiento para generar condiciones uniformes en cuanto a luz y temperatura para el cultivo de semillas, permitió implementar dicha técnica de diagnóstico con resultados repetibles y replicables. El objetivo de este trabajo fue identificar la respuesta al agregado de Kifix® en 20 biotipos de capín, colectados de escapes en chacras de arroces resistentes a las imidazolinonas en la zona este, en la zafra 2017-2018.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron las coordenadas para cada uno de los biotipos y la semilla recogida se secó al aire en el invernáculo. Posteriormente, se limpió para separar las semillas vacías y la basura con un equipo de aire forzado. En estudios previos, se había determinado que una solución de 220 mg/l de Kifix® discriminaba el crecimiento del biotipo susceptible E0CL del biotipo resistente E3CL (datos no mostrados). Se preparó una solución de agar al 1% esterilizada y se colocó un volu-

men pequeño por placa de Petri esterilizada. A la semilla de capín de cada biotipo se la puso en vasos de Bohemia individuales con ácido sulfúrico puro por 8 minutos. Se separó la semilla del ácido con un colador, se enjuagó tres veces con abundante agua de la canilla y tres veces con agua esterilizada y se dejó orear sobre papel toalla. Se colocó la semilla de cada biotipo en un recipiente de vidrio individual y se le agregó el mismo volumen de solución del herbicida para que cubriera bien la misma. Se envolvió cada recipiente con papel de aluminio y se dispusieron en la cámara de crecimiento a 25°C por 24 h. Al finalizar ese período se sembraron 25 semillas por placa de Petri, usando cuatro repeticiones por biotipo (100 semillas). Se pusieron a germinar a 25°C con un ciclo diurno de 16 h de luz y 8 h de oscuridad, por siete días. Todas las pruebas fueron repetidas dos veces para tener más confianza a la hora del análisis estadístico. Se determinó el peso fresco de 25 individuos/placa inmediatamente de finalizada la prueba, congelándose las placas para su procesamiento posterior, en caso de que no diera el tiempo. El diseño usado fue de bloques al azar y la separación de medias se realizó usando la prueba de Dunnett_{0,05}, haciendo comparaciones de cada biotipo colectado con el testigo susceptible E0CL, y con el testigo resistente E3CL. En función de las respuestas obtenidas se clasificaron los resultados de los biotipos en tres categorías: **Susceptible (S)**, con **Nivel Bajo de Resistencia (r)** y con **Nivel Alto de Resistencia (R)**. Al pie del cuadro 1 se describe cada categoría antes mencionada.

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

² Téc. Agro. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos y las respuestas clasificadas en función de la descripción realizada en la sección anterior. Se observa que, de los 20 biotipos evaluados, 15 fueron detectados susceptibles y cinco resistentes al Kifix®. De los cinco resistentes, tres mostraron nivel bajo de resistencia (ya dejaron de ser susceptibles) y dos presentaron un nivel alto de resistencia (Cuadro 1). En la parte izquierda de la figura 1 se observa que, de tres biotipos colectados en una misma chacra relativamente cercanos entre sí, no todos los escapes son resistentes, sino que uno de tres biotipos muestra un nivel de alto de resistencia y dos son susceptibles al Kifix®. De modo que otros factores pueden estar jugando en la eficacia de

las aplicaciones de herbicidas. Por ejemplo, que exista la humedad suficiente para que la maleza este creciendo activamente y el manejo oportuno de la inundación, son factores críticos para la obtención de buena eficiencia en el control de las malezas. En la parte derecha de la figura 1, se aprecia como lucía la vista general de los escapes y se muestra un acercamiento al grupo de plantas de donde se tomaron las panojas del biotipo CY1803 (nivel alto de resistencia al Kifix®). Se aprecia que el biotipo CY1803 proviene de un área con capín muy uniforme en el ciclo y todas las panojas son similares, lo que es un indicador de que son probablemente hijos de un individuo o un grupo de individuos altamente emparentados, producto de la selección realizada a través de los años con la aplicación del mismo herbicida.

Cuadro 1. Grado de resistencia al Kifix® obtenido en 20 biotipos de capín colectados en chacras de arroz resistente a las imidazolinonas del este, en febrero/marzo de 2018

Biotipo	peso fresco mg/placa	Diferencia entre biotipos		Grado de resistencia nota	Departamento		
		con E0CL mg/placa	con E3CL mg/placa				
CL441801	0,211	0,018	a	-0,104	b	S	Cerro Largo
CL441802	0,255	0,062	b	-0,060	b	r	Cerro Largo
CY1803	0,274	0,081	b	-0,042	a	R	Cerro Largo
E0CL(S)	0,193	0	a	-0,122	b	S	Cerro Largo
E3CL(R)	0,315	0,122	b	0	a	R	Cerro Largo
LM1801	0,185	-0,008	a	-0,130	b	S	Cerro Largo
LM1802	0,171	-0,022	a	-0,144	b	S	Cerro Largo
RB1801	0,177	-0,015	a	-0,138	b	S	Cerro Largo
RB1802	0,232	0,039	a	-0,084	b	S	Cerro Largo
RB1803	0,250	0,057	b	-0,065	b	r	Cerro Largo
RB1804	0,280	0,087	b	-0,035	a	R	Cerro Largo
RB1805	0,190	-0,003	a	-0,125	b	S	Cerro Largo
RB1806	0,224	0,031	a	-0,091	b	S	Cerro Largo
RCa1801	0,229	0,036	a	-0,087	b	S	Rocha
RCa1802	0,235	0,042	a	-0,080	b	S	Rocha
RR1801	0,158	-0,035	a	-0,158	b	S	Treinta y Tres
RT1801	0,220	0,027	a	-0,095	b	S	Treinta y Tres
ZA1805	0,206	0,013	a	-0,109	b	S	Treinta y Tres
ZA1806	0,237	0,044	a	-0,078	b	S	Treinta y Tres
ZA1807	0,237	0,044	a	-0,078	b	S	Treinta y Tres
ZA1808	0,218	0,024	a	-0,099	b	S	Treinta y Tres
ZA1809	0,241	0,048	b	-0,074	b	r	Treinta y Tres

Un biotipo **Susceptible (S)** es cuando el peso fresco/placa no difiere significativamente del testigo susceptible E0CL y es significativamente menor al del testigo resistente E3CL; un biotipo con **Nivel bajo de Resistencia (r)** es cuando el peso fresco/placa es significativamente mayor al del testigo susceptible E0CL y es significativamente menor al del testigo resistente E3CL; un biotipo con **Nivel alto de Resistencia (R)** es cuando el peso fresco/placa es significativamente mayor al del testigo susceptible E0CL y no difiere significativamente al del testigo resistente E3CL.

En la parte izquierda de la figura 2 se presenta como lucían las panojas desde donde se colectaron aquellas que formaron el biotipo RCa1802 (susceptible al Kifix®). Se aprecia que existe alta variabilidad de tipos de panojas, con y sin aristas, algunas doblando y en otras ya se desgranaron las semillas. Esta dispersión indica mayor variabilidad comparada con el grupo de capines que aparecen en la parte derecha de la figura 2, que corresponden al grupo de plantas donde se colectó el biotipo RB1804, con nivel alto de resistencia al Kifix® donde todo se aprecia más uniforme.



Figura 1. Izquierda. Vista general de la chacra donde se colectaron los biotipos RB1805 y RB1806 susceptibles y el biotipo RB1804 resistente al Kifix®, Derecha. Se observa un escape de capín más cercano y otro más lejano al fondo, y un acercamiento al grupo de plantas de donde se colectaron las panojas del biotipo CY1803 resistente al Kifix®, apreciándose la uniformidad de las panojas. Río Branco, Cerro Largo, febrero-marzo 2018.



Figura 2. Izquierda biotipo RCa1802 susceptible al Kifix® colectado en Cebollatí, Rocha y Derecha biotipo RB1804 resistente al Kifix® en Río Branco, Cerro Largo. Febrero-marzo 2018.

CONCLUSIONES

La incipiente resistencia a la premezcla de imazapir + imazapic en el capín es una realidad y se debe evitar repetir varios años el cultivo de arroz resistente a las imidazolinonas en una misma chacra. Además, es fundamental para desacelerar el proceso de selección de los individuos resistentes, el uso de mezclas de tanque con otros herbicidas, tanto en las aplicaciones en preemergencia como en postemergencia.

BIBLIOGRAFÍA

Matzenbcher, F.; Kalsing, A.; Menezes, V.; Barcelos, J.; Merotto Junior, A. 2013. Rapid diagnosis of resistance to imidazolinones herbicides in Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and control of resistant biotypes with alternative herbicides. *Planta Daninha*, 31 (3), 645-656.

6- ¿SE PUEDE PRODUCIR ARROZ Y CONSERVAR LA BIODIVERSIDAD?

L. Bao¹, S. Martínez², L. Casales, E³. Castiglioni⁴

PALABRAS CLAVE: Control natural de plagas, Biodiversidad, Rotación arroz-pasturas.

INTRODUCCIÓN

El control natural de plagas está asociado con la diversidad de enemigos naturales. A su vez, la composición y diversidad asociada a un territorio se puede ver afectada en forma negativa por la instalación de cultivos. Sin embargo, para poder medir los efectos de estas actividades, es necesario contar con una línea de base de la diversidad de artrópodos sobre la cual poder evaluar posibles impactos de las medidas de manejo.

En momentos de creciente preocupación por la continua pérdida de biodiversidad, resulta relevante contar con información sobre este sistema de producción y su efecto sobre la biodiversidad en su área de influencia. Se debe considerar que, dependiendo del manejo que se haga del cultivo, la producción agropecuaria podría ser incluso un aporte a la conservación de ciertos grupos (Simons y Weisser, 2017). La rica biodiversidad asociada al agroecosistema arroz-pasturas, que representa un humedal temporario creado por el hombre, indica que el mismo puede contribuir y promover la conservación de especies amenazadas, y podría ser un sistema de producción compatible con estrategias de conservación y manejo sostenible (Maltchik *et al.*, 2011).

El incremento en el área sobre la cual se realizan aplicaciones de insecticidas (Bao y Martínez, 2018) implica un riesgo para el surgimiento de plagas secundarias debido al impacto de estos productos sobre los enemi-

gos naturales, junto con la pérdida de diversidad de artrópodos. En este contexto, resulta relevante poder avanzar en el conocimiento de la composición de especies asociadas al cultivo de arroz y su entorno, de modo de poder definir grupos de interés desde el punto de vista de sus servicios ecosistémicos para aportar a su conservación. Ello haría posible promover estrategias de manejo que permitan mantener las poblaciones de controladores naturales, haciendo posible un manejo sustentable del cultivo, manteniendo un uso reducido de insecticidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades muestreadas fueron la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA y un cultivo comercial en El Tigre (Ruta 17, km 327), ambos localizados en el departamento de Treinta y Tres, en el este de Uruguay. En cada cultivo se realizó muestreo con red entomológica, a lo largo de dos transectas, cada una de las cuales consistió en 4 tramos lineales de 25 golpes de red cada uno. El primer tramo de 25 m se implementó en el borde del cultivo con vegetación nativa, seguido por los siguientes tres tramos de 25 m ingresando desde el borde hacia el centro del cultivo. Los artrópodos se conservaron en alcohol 70% y se clasificaron mediante el uso de claves a nivel de familia (Bentancourt *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Se recolectaron en total 3902 insectos y 277 arañas. Los insectos estuvieron representados por 13 órdenes pertenecientes a 61 familias (Cuadro 1). Las arañas representaron el 6.6% del total de artrópodos recolectados.

¹ Lic. Msc. Unidad de Entomología, Facultad de Agronomía, baoleticia@gmail.com

² Ing. Agr. Dr. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz smartinez@inia.org.uy

³ Asistente de Investigación, retirado

⁴ Ing. Agr. Dr. CURE-Rocha, Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República

Los dípteros representaron el grupo más abundante y diverso en el cultivo. Los hemípteros, representados mayoritariamente por las familias Cicadellidae y Delphacidae, fueron el segundo grupo más abundante. Las muestras del borde del cultivo sobre la vegetación nativa registraron mayor diversidad de insectos que las muestras sobre el cultivo. Muchas de las familias registradas,

tales como Dolichopodidae, Reduviidae, Coenagrionidae y Chrysopidae, son predadoras, por lo que son consideradas importantes por su potencial como controladoras de plagas (Cuadro 1).

También se registraron avispietas parasitoides (Braconidae, Microhymenoptera), que fueron más abundantes en las muestras de los bordes de vegetación nativa.

Cuadro 1. Lista de familias de insectos registradas según orden.

Diptera	Hemiptera	Coleoptera	Thysanoptera
Agromyzidae	Anthocoridae*	Anthicidae	Thripidae
Anthomyiidae	Aphididae	Bruchidae	Tubulifera flia no id.
Calliphoridae*	Cercopidae	Buprestidae	
Cecidomyiidae*	Cicadellidae	Carabidae*	Odonata
Chironomidae	Delphaciadae	Chrysomelidae	Coenagrionidae*
Chloropidae	Fulgoridae	Curculionidae	Libellulidae*
Culicidae	Lygaeidae	Meloidae	
Dolichopodidae*	Miridae*	Mordellidae	Blattaria
+Drosophilidae	Nabidae*	Phalacridae	Blattellidae
Empididae	Pentatomidae	Scarabeidae	
Ephydriidae	Psyllidae	Staphylinidae*	Psocoptera
Muscidae	Reduviidae*		Psocidae
Otitidae		Lepidoptera	
Phoridae*	Orthoptera	Nymphalidae	Neuroptera
Sarcophagidae	Acrididae	Piralidae	Chrysopidae*
Sciomyzidae*	Gryllidae		
Simuliidae	Proscopidae	Hymenoptera	Ephemeroptera
Sphaeroceridae	Tetigoniidae	Braconidae*	Baetidae
Syrphidae*		Formicidae	
Tabanidae		Microhymenoptera*	Trichoptera
Tipulidae			Hydroptilidae

*Familias con enemigos naturales con potencial de control natural de plagas.

Dentro de los insectos, la riqueza de familias (Taxa S) y el número total de individuos por muestra resultó ser mayor en el borde de vegetación nativa lindera al cultivo ($H=4.50$, $p=0,0364$) (Cuadro 2). La diversidad de familias calculada a través del índice de Shannon-

Wiener también fue mayor en los bordes de vegetación nativa ($F=9.59$, $p=0,0128$), mientras que la Equitatividad (mide qué tan diferentes entre sí son las abundancias de las especies dentro de una comunidad) fue mayor en el cultivo de arroz ($F=10.88$, $p=0,0092$).

Cuadro 2. Índices de riqueza, abundancia y diversidad de insectos en el cultivo de arroz y borde de vegetación nativa, al macollaje.

Variable	Arroz	Vegetación nativa
Riqueza de familias (Taxa S)	12,56±3,54a	30,50±0,71b
Número de individuos totales	44,78±26,99a	365,00±7,07b
Shannon Wiener	2,02±0,09a	2,68±0,19b
Equitatividad (evenness)	0,63±0,02a	0,48±0,04b

*Letras diferentes dentro de una misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).



Figura 1. Ejemplares adultos de dos especies de dípteros de la familia Sciomyzidae A: *Protodictya lilloana*, y B: *Sepedonea lindneri*, registradas para Uruguay.

Se registraron las especies *Protodictya lilloana* (Steyskal, 1953) y *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) (Diptera: Sciomyzidae) no reportadas previamente para Uruguay (Figura 1) (Bao *et al.*, 2019). Estas especies son predadoras de caracoles no operculados y son de distribución estrictamente neotropical (Freidberg *et al.* 1991, L. Marinoni, comunicación personal).

Ambas especies se localizan en hábitats litorales estuarinos de agua dulce, bentónicos y desde humedales a hábitats de tierra seca. Se destaca su interés como especies controladoras potenciales del caracol manzana *Pomacea canaliculata* (Lamarck, 1822) (Gastropoda, Ampullariidae), especie frecuente en los ambientes subacuáticos en Uruguay, también presente en el cultivo de arroz, y que está reportada como una especie invasora en el continente asiático luego de su introducción con fines comerciales como alimen-

to o para acuarios. Es interesante destacar que *P. canaliculata* es presa de ciertas larvas de Sciomyzidae en la región neártica en ambientes de agua dulce (Foote *et al.*, 1999), por lo que se estima interesante profundizar en el conocimiento de la biología de ambas especies de mosca.

CONCLUSIONES

La diversidad registrada en este muestreo destaca la importancia de un manejo responsable del cultivo de arroz de manera de conservar esta condición. Es importante la conservación de los parches de vegetación nativa que se muestran como un reservorio de diversidad, pudiendo alojar diversas especies en los momentos de mayor impacto (condiciones climáticas desfavorables, actividades de laboreo y siembra o aplicación de agroquímicos) para las poblaciones de insectos y otros artrópodos del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

Bao, L.; Castiglioni, E.A.; Martínez S.; Savaris, M.; Marinoni, L. 2019. First records of *Sepedonea lindneri* (Hendel, 1932) and *Protodictya lilloana* Steyskal, 1953 (Diptera, Sciomyzidae) from Uruguay with an overview on their biology. *Check List*, 15(1): 71-77.

Bao, L.; Martínez, S. 2018. Control químico de insectos en el cultivo de arroz en Uruguay. *Revista Arroz*, 96: 40-45.

Bentancourt, C.M.; Scatoni, I.; Morelli, E. 2009. *Insectos del Uruguay*. Montevideo: Universidad de la República. Facultad de Agronomía – Facultad de Ciencias. ANII-CSIC. 658 p.

Foote, B.A.; Knutson, L.V.; Keiper, J.B. 1999. The snail-killing flies of Alaska (Diptera: Sciomyzidae). *Insecta Mundi*, 13(1-2): 45-71.

Maltchik, L.; Rolon, A.S.; Stenert, C.; Machado, I.F.; Rocha, O. 2011. Can rice field channels contribute to biodiversity conservation in Southern Brazilian wetlands?. *Journal of Tropical Biology*, 59(4): 1895-1914.

Simons, N.K.; Weisser, W.W. 2017. Agricultural intensification without biodiversity loss is possible in grassland landscapes. *Nature Ecology & Evolution*, vol. 1, p. 1136-1145.

7- PATOTIPOS DE *PYRICULARIA ORYZAE* EN GRAMÍNEAS Y SU RELACIÓN CON EL BRUSONE DEL ARROZ EN URUGUAY

S. Martínez¹, M. Farman²

PALABRAS CLAVE: Capín, Filogenómica, Genoma, Pasto indio, Raigrás.

INTRODUCCIÓN

Pyricularia oryzae (= *Magnaporthe oryzae*) es uno de los patógenos más importantes en cultivos de Uruguay y el mundo afectando a más de 50 especies de gramíneas. Este hongo es el agente causal del Brusone de arroz, la enfermedad más importante del cultivo en el mundo y responsable de alrededor de 30% de pérdidas anuales de cosecha.

Además, *P. oryzae* es reconocida como un serio patógeno de trigo, primero en Sudamérica donde surgió en 1985 y de importancia creciente en Asia desde su reciente introducción (Islam *et al.*, 2016). Otra de las enfermedades causadas por este patógeno es la mancha gris o Brusone del raigrás, una patología de reciente importancia en semilleros de *Lolium multiflorum* en Uruguay, pero conocida desde hace décadas en varias partes del mundo, tanto en raigrás anual como perenne (Martínez y Escalante, 2016).

Como enfermedad de importancia del arroz en Uruguay, el Brusone depende de las condiciones ambientales que predisponen al desarrollo de epidemias. Este fenómeno se ha visto agravado en los últimos años debido a que la producción de arroz se ha basado en cultivares tipo *indica*, susceptibles en hoja y cuello, y tipo *japónica* susceptibles en cuello.

La población mundial de *P. oryzae* se subdivide en múltiples linajes que se encuentran preferentemente asociados con un solo gé-

nero de planta hospedera (Gladieux *et al.*, 2018). Uno de estos linajes es conocido como patotipo *Oryzae* (*PoO*) que afecta al arroz a nivel mundial, y que solo se encuentra ocasionalmente afectando a otros huéspedes. Asimismo, el arroz es solo ocasionalmente afectado por poblaciones pertenecientes a otros linajes u hospederos (Gladieux *et al.*, 2018). La aparición de síntomas de Brusone en hojas y/o cuellos de espigas en gramíneas usadas en la rotación arroz-pastura (como el raigrás), malezas del cultivo (como pasto blanco, pasto indio, capín, etc.) y otras especies cultivadas, apuntan a la posibilidad de que una o más de estas especies puedan servir como huéspedes alternativos del Brusone del arroz.

Para obtener más información sobre esta posibilidad, se iniciaron estudios filogenómicos para investigar sobre la estructura de la población de *P. oryzae* asociada a diferentes especies de plantas hospederos en Uruguay. Más en particular, el objetivo fue evaluar la relación de los aislamientos obtenidos de gramíneas con las poblaciones especializadas en determinados hospederos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Aislamiento de cultivos. Los aislamientos utilizados fueron obtenidos durante salidas de colecta en su mayoría a chacras de arroz. Plantas con síntomas de Brusone en hoja o cuello de espigas de diferentes gramíneas fueron colectadas en diferentes partes del país y en diferentes hospederos. En laboratorio se obtuvieron aislamientos puros a partir de conidias individuales sobre medio agar – afrechillo de arroz 2% y mantenidos

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

² Dr., Professor, University of Kentucky, mark.farman@uky.edu

en colección de papel estéril a -20oC. Los aislamientos así obtenidos, se encuentran depositados en las colecciones del Laboratorio de Patología Vegetal de INIA Treinta y Tres y el Department of Plant Pathology de la Universidad de Kentucky.

Secuenciado del genoma. Las bibliotecas fueron preparadas mediante el kit Illumina Nextera. Los datos de secuenciación se obtuvieron usando Illumina MiSeq y HiSeq2500. Las lecturas sin procesar se recortaron antes de ensamblar usando los programas Newbler 2.9 o Velvet 1.2.10.

Identificación de SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms). Las secuencias repetidas se seleccionaron usando un algoritmo personalizado (Li *et al.*, 2005), y los genomas enmascarados repetidamente se alinearon en pares usando Blast. Los SNP se llama-

ron utilizando un script personalizado diseñado específicamente para evitar regiones con paralogía oculta (M. Farman, inédito). Se construyó un árbol de unión (Neighbor-Joining) usando datos de distancia por pares y se evaluaron los valores de confianza de los nodos usando un nuevo algoritmo de distancia (<https://github.com/bradfordcondon/WGPAN>).

RESULTADOS

En total, se obtuvieron aislamientos de *Pyricularia oryzae* de nueve especies o géneros diferentes de gramíneas, incluyendo al arroz. Se obtuvieron secuencias del genoma completo de 12 aislamientos provenientes de siete especies hospederas diferentes de este patógeno. Las características de estos aislamientos, como sitio y año de colecta, hospedero y órgano vegetal se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Datos de los aislamientos de *Pyricularia oryzae* utilizados para secuenciación de genoma completo.

Aislamiento	Localidad	Hospedero	Año colecta	Parte vegetal
Po75	UEPL, Treinta y Tres	Arroz	2005	-
Po107	Charqueada, Treinta y Tres	Arroz	2009	Cuello
Po168	Río Branco, Cerro Largo	<i>Luziola</i> sp.	2010	Lígula
Po169	Río Branco, Cerro Largo	<i>Eleusine</i> sp.	2010	Hoja
Po171	Zapata, Treinta y Tres	<i>Luziola</i> sp.	2010	Hoja
Po217	Valle Alto, Treinta y Tres	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	2015	Hoja
Po221	Berachi, Cerro Largo	<i>Lolium multiflorum</i>	2015	Glumas
Po229	Valle Alto, Treinta y Tres	<i>Eleusine indica</i>	2017	Cuello
Po231	Valle Alto, Treinta y Tres	<i>Eleusine indica</i>	2017	Tallo
Po233	Covidef 1, Florida	<i>Stenotaphrum secundatum</i>	2017	Hoja
Po234	18 de Julio, Rocha	<i>Lolium multiflorum</i>	2017	Hoja
Po237	UEPL, Treinta y Tres	<i>Lolium multiflorum</i>	2017	Espiga

La información obtenida fue usada para elaborar una línea de base de la estructura de la población de *P. oryzae* y de la distribución de patotipos a través del país.

Dos especies de *Pyricularia* fueron identificadas de las primeras muestras colectadas en el país. En diferentes especies de pasto blanco (*Digitaria* spp.), maleza común en el cultivo de arroz, la especie colectada fue identificada como *P. grisea*, no perteneciente a la población de *P. oryzae*. Los aislamientos provenientes del resto de hospederos (Cuadro 1) pertenecen a *P. oryzae*.

Los estudios filogenómicos revelaron la existencia de varios linajes de *P. oryzae*, considerados actualmente patotipos, presentes en Uruguay (Figura 1). Diez de esos aislamientos se agruparon con otros aislamientos estrictamente de acuerdo con el hospedero (linajes asociados a los géneros *Eleusine*, *Lolium*, *Luziola*, *Oryza* y *Stenotaphrum*). Los aislamientos de pasto indio de Uruguay pertenecen a uno (*Eleusine* 1) de los dos linajes reportados para este hospedero a nivel mundial.

Además, fueron secuenciados tres aislamientos obtenidos de raigrás (*L. multiflorum*), dos de los cuales pertenecen al patotipo *Lolium* emparentado con el patotipo *Triticum*, no reportado en el país, pero de importancia en la región (Figura 1).

Dos aislamientos aparecen como probables casos de infección cruzada: un aislamiento del linaje *Echinochloa/Leptochloa* aislado de espiguillas de *Lolium* (Figura 1), y un aislamiento de *P. grisea*, patógeno de *Digitaria* spp., colectado en hojas de capín (*Echinochloa* sp.) (no mostrado).

CONCLUSIONES

Fueron obtenidos aislamientos de *Pyricularia* de 9 géneros/especies de gramíneas malezas o cultivadas en Uruguay, además de arroz. En el estudio se encontraron dos especies causantes de síntomas de Brusone, *P. oryzae* y *P. grisea*, esta última patógena de *Digitaria* spp., pero también encontrada en hojas de capín.

Los estudios filogenómicos de 12 genomas analizados de *P. oryzae* revelaron la existencia de seis linajes presentes en Uruguay, coincidentes con patotipos previamente reportados en otras regiones (Gladieux *et al.*, 2018).

El patotipo *Oryzae* (*PoO*) no fue encontrado asociado a estructuras vegetales de otras especies de gramíneas fuera del arroz, su hospedero. En base a estos estudios preliminares, las malezas y otros cultivos cereales no parecen actuar como huéspedes alternativos comunes del patotipo *PoO* en Uruguay.

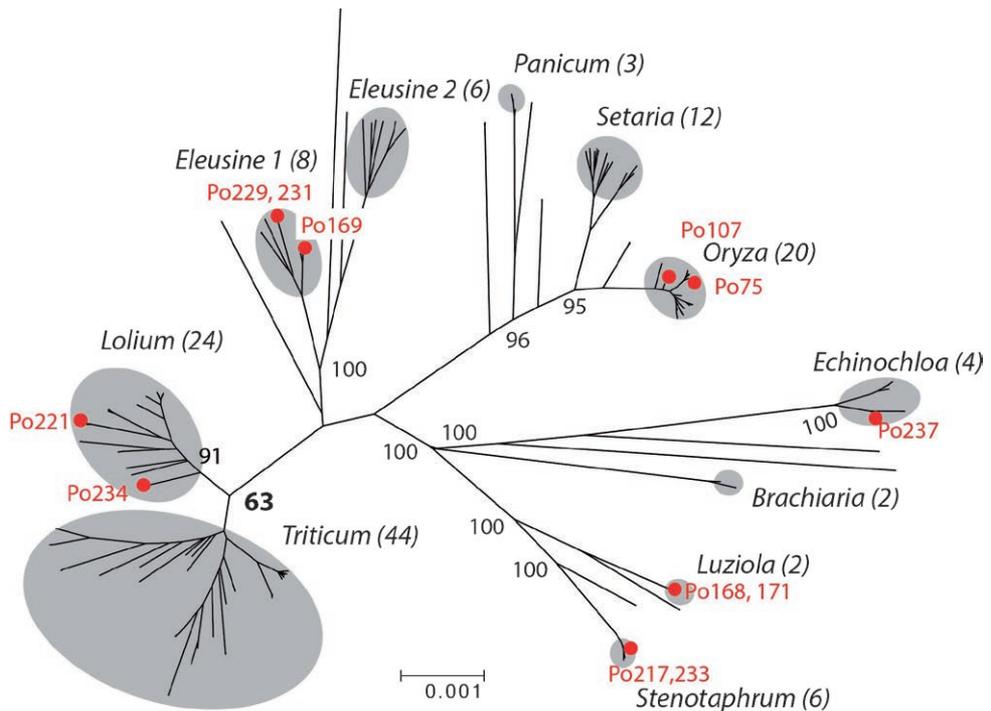


Figura 1. Árbol de distancia de genomas de aislamientos de *Pyricularia oryzae* de Uruguay con los distintos agrupamientos en base a hospederos. Números después del nombre de las poblaciones de acuerdo al hospedero indican el número de genomas comparados para ese grupo. La escala muestra el número de nucleótidos de diferencia por sitio. Los valores de confianza se muestran en los nodos.

BIBLIOGRAFÍA

Islam, M.T.; Croll, D.; Gladieux, P.; Soanes, D.M.; Persoons, A.; Hattacharjee, P.; Hossain, M.S.; Gupta, D.R.; Rahman, M.M.; Mahboob, M.G.; Cook, N.; Salam, M.U.; Surovy, M.Z.; Sancho, V.B.; Maciel, J.L.N.; Nhani, A.; Castroagudin, V.L.; Reges, J.T.D.; Ceresini, P.C.; Ravel, S.; Kellner, R.; Fournier, E.; Tharreau, D.; Lebrun, M.H.; McDonald, B.A.; Stitt, T.; Swan, D.; Talbot, N.J.; Saunders, D.G.O.; Win, J.; Kamoun, S. 2016. Emergence of wheat blast in Bangladesh was caused by a South American lineage of *Magnaporthe oryzae*. *BMC Biology* vol. 14, no.84.

Gladieux, P.; Condon, B.; Ravel, S.; Soanes, D.; Maciel, J.L.N.; Nhani, A.; Chen, L.; Terauchi, R.; Lebrun, M.-H.; Tharreau, D.; Mitchell, T.; Pedley, K.F.; Valent, B.; Talbot, N.J.; Farman, M.; Fournier, E. 2018. Gene Flow between Divergent Cereal- and Grass-Specific Lineages of the Rice Blast Fungus *Magnaporthe oryzae*. *mBIO*, 9(1): e01219-17.

Li, W.; Rehmeier, C.J.; Staben, C.; Farman, M.L. 2005. TruMatch—a BLAST post-processor that identifies bona fide sequence matches to genome assemblies. *Bioinformatics*, 21(9): 2097-2098.

Martínez, S.; Escalante, F. 2016. La *Pyricularia* o Brusone en semilleros de raigrás. *Revista INIA*, 46: 16-19.

8- TENDENCIAS EN EL USO DE FUNGICIDAS EN ARROZ EN URUGUAY EN LAS ÚLTIMAS ZAFRAS

S Martínez¹, F. Escalante², F. Molina³

PALABRAS CLAVE: Benzimidazol, Brusone, Estrobilurina, Triazol.

INTRODUCCIÓN

Los fungicidas son sustancias químicas que se utilizan para limitar o impedir la infección y el crecimiento de los hongos y por lo tanto, para impedir el daño a las plantas (Mueller *et al.*, 2013). El uso de fungicidas es común e incluso generalizado en muchos cultivos, incluyendo el arroz. Los fungicidas foliares se utilizan para controlar o limitar enfermedades fúngicas en las partes aéreas de las plantas y así, prevenir o limitar el daño de los patógenos a los órganos vegetales que contribuyen con el rendimiento (Mueller *et al.*, 2013). La decisión de su uso está basada en varios factores, entre los cuales las condiciones climáticas, grado de infección, costo de aplicación, estado fenológico y rendimiento potencial, son los más importantes (Mueller *et al.*, 2013).

El uso de fungicidas para el control químico en un programa de manejo integrado de enfermedades de arroz se basa en la incidencia de las enfermedades de mayor importancia del cultivo. Actualmente, el Brusone y el complejo de enfermedades de tallo y vaina son las patologías más importantes (Martínez y Escalante, 2017). Ambas enfermedades difieren no solo en su biología, sino en las estrategias a seguir para su manejo. Por ejemplo, existen variedades resistentes a Brusone, lo cual permite un manejo sin uso de fungicidas, pero esto no es aplicable al manejo de las enfermedades de tallo, ya que no existen

cultivares resistentes. Además, los patógenos causantes de las enfermedades de tallo se encuentran distribuidas en casi todos los suelos arroceros del país, debido a la intensificación y repetición de cultivo, pero con incidencia muy variable.

Los fungicidas son una herramienta más de manejo que permiten proteger los cultivos de pérdidas ocasionadas por patógenos. El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de las tendencias de uso de fungicidas en el cultivo de arroz en Uruguay debido a su importancia en el manejo de estas patologías. Así, problemas ambientales asociados o derivados del uso de fungicidas, como la generación de resistencia, comienzan a ser abordados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis de este trabajo se utilizó la información recabada para los Informes de Zafra del Grupo Trabajo Arroz entre las zafras 2004-2005 y 2017-2018. La información utilizada consistió en el área aplicada total y por región (este, centro, norte) con fungicidas para cada zafra. Se analizaron las áreas aplicadas, principios activos y grupos químicos utilizados y clasificados de acuerdo con FRAC (2019). Los resúmenes de la información relevada para cada zafra pueden consultarse en la página correspondiente de Informes de Zafra de INIA (<http://www.inia.uy/investigaci%C3%B3n-e-innovaci%C3%B3n/programas-nacionales-de-investigaci%C3%B3n/Programa-Nacional-de-Investigacion-en-Produccion-de-Arroz/informes-de-zafras>).

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

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

³ Ph. D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

RESULTADOS

El porcentaje de área total aplicada con fungicidas se ha incrementado casi constantemente desde la zafra 2004-2005, la primera relevada en detalle. En aquella zafra, el 46% del área sembrada con arroz fue aplicada con fungicidas, la menor del período en estudio. El mayor porcentaje de área aplicada se alcanzó en la zafra 2010-2011, con un 99% del área (Figura 1). Esta fue la zafra posterior a la de epidemia de Brusone de 2009-2010, dónde se reportó un 10% de pérdida de cosecha en chacras afectadas por esta

enfermedad (DIEA, 2010). Es probable que haya ocurrido un aumento de aplicaciones preventivas de fungicidas para prevenir y/o tratar esta patología, lo que explicaría este extremo de área aplicada. En esa zafra el porcentaje sembrado con cultivares tradicionales susceptibles a Brusone (El Paso 144, INIA Olimar e INIA Tacuarí) alcanzó el 84% del área (DIEA, 2018). Luego de ese pico máximo de área con fungicidas y a excepción de la zafra 2014-2015 en la que el área aplicada cae al 60%, se registran porcentajes de alrededor del 80-90% del área total tratada con fungicidas anualmente (Figura 1).

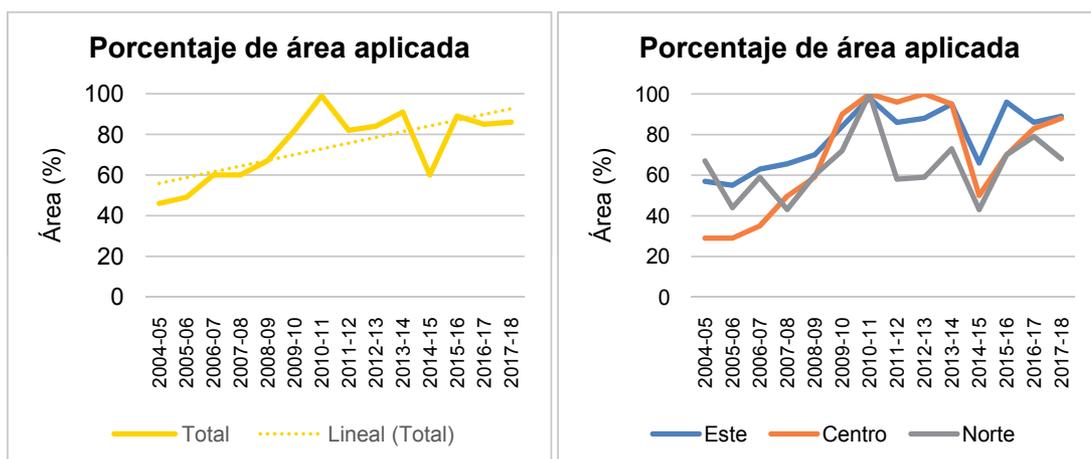


Figura 1. Porcentaje del área total y tendencia (línea punteada), aplicada con fungicidas entre las zafras 2004-2005 y 2017-2018 para el total del país (izquierda) y por región (derecha).

Las áreas aplicadas no se distribuyen en forma homogénea en las distintas zonas arroceras del país. El este ha sido la zona con mayor área promedio de aplicación (78,5%), seguido por la zona centro (69,5%) y la zona norte (64%), para el período analizado. Para la mayor parte de este período, la zona este fue la de mayor área porcen-

tual de aplicación. Sin embargo, en las zafras 2009-2010 a 2012-2013, la zona centro superó en porcentaje de área aplicada a la este. La menor área total sembrada y la mayor proporción de siembra de cultivares susceptibles a Brusone en esta región (DIEA, 2010,2018) explican parcialmente estos resultados.

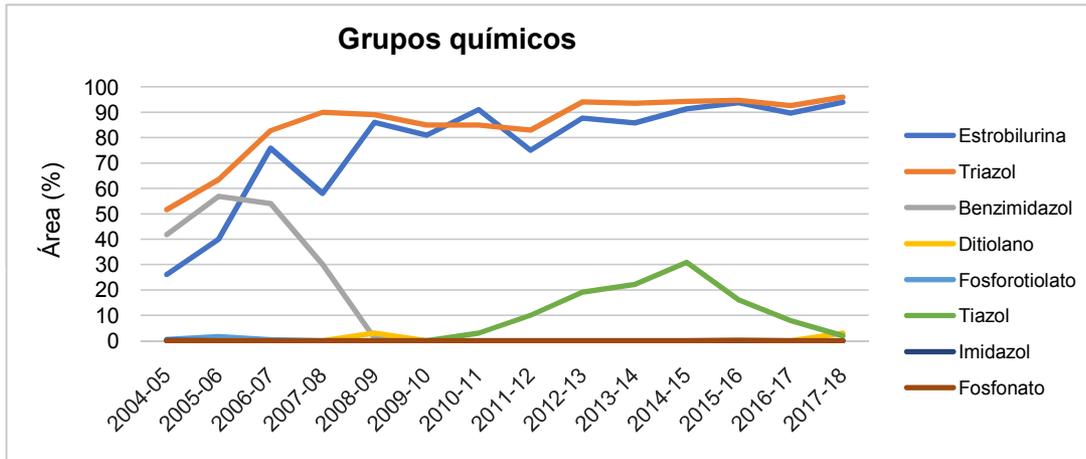


Figura 2. Porcentaje del área aplicada con fungicidas según grupos químicos, para las zafras 2004-2005 a 2017-2018.

La distribución en las últimas zafras del uso de fungicidas según grupo químico muestra el cambio que ocurrió en el uso (Figura 2). Los benzimidazoles (FRAC 1) desaparecen en la zafra 2008-2009, siendo superados por estrobilurinas (FRAC 11) y triazoles (FRAC 3), grupos que se utilizan actualmente en más del 90% del área. Estos grupos químicos son utilizados en mezcla y su uso individual es muy escaso. El tricyclazol (FRAC 16.1, Tiazol) tiene un uso más errático y varía con las zafras. Este producto es específico para Brusone y su utilización está supeditada al riesgo de aparición de esta enfermedad. En los últimos años decrece el área aplicada con tricyclazol por el aumento del área sembrada con cultivares resistentes (DIEA, 2018) y la utilización de isoprotilane (FRAC 6, Ditiolano) para el control de Brusone en la zona sur (Figura 2). Otros grupos químicos (fosfonatos, imidazoles, etc.), han tenido menor importancia de uso o han sido retirados y/o prohibidos por el riesgo de dejar residuos en grano.

En los últimos años se observa una tendencia al uso de mezclas de fungicidas, llegando a usarse triple mezclas con principios activos de tres grupos químicos y sitios de acción diferentes (Figura 3). En las zafras 2004-2005 se nota un uso de fungicidas del grupo de los benzimidazoles, solos o en mezcla con triazoles (Figura 3). El único benzimidazol reportado es el carbendazim, cuyo uso desaparece en la zafra 2008-2009. En esa misma zafra, las mezclas de estrobilurinas y triazoles pasan a ser los grupos químicos más utilizados, tendencia que se refuerza hasta el presente (Figura 3). La principal triple mezcla utilizada en las últimas zafras es de estrobilurina, triazol y tiazol (tricyclazol), cubriendo tres sitios de acción diferentes para el control de Brusone y enfermedades de tallo. La reducción de este tipo de aplicación en las últimas zafras puede deberse a la limitación del uso de tricyclazol en la zona sur.

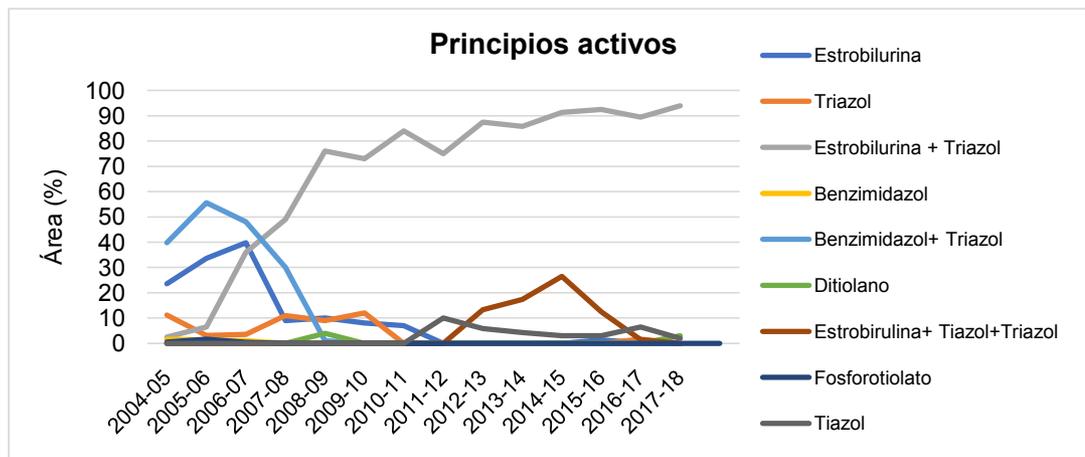


Figura 3. Porcentaje del área aplicada con fungicidas según principios químicos, solos o en mezcla, para las zafras 2004-2005 a 2017-2018.

CONCLUSIONES

La utilización de fungicidas en el manejo integrado de enfermedades de arroz es una herramienta que se ha establecido casi permanentemente en más de 80% del área.

Esta utilización ha sido dinámica y los cambios están basados principalmente en decisiones comerciales y en un mayor conocimiento y/o respuesta económica a la aplicación de fungicidas, principalmente en mezcla.

La aplicación de mezclas permite un mayor rango de acción y control de patologías diferentes permitiendo disminuir los riesgos de aparición de resistencia.

Los cambios en la utilización han ocurrido a favor de la adquisición de principios activos con menor impacto de residuos reportado o con menor riesgo de generación de resistencia, mayoritariamente por el uso de mezclas.

BIBLIOGRAFÍA

- DIEA.** 2010. Encuesta de Arroz. Zafra 2009/10. p. 22. (Serie Encuestas; 291)
- DIEA.** 2018. Anuario Estadístico Agropecuario. Interactivo. Disponible en, <http://www.mgap.gub.uy>
- FRAC.** 2019. FRAC Code List ©*2019: Fungal control agents sorted by cross resistance pattern and mode of action (including FRAC Code numbering).
- Martínez, S.; Escalante, F.** 2017. Control químico de las principales enfermedades de arroz en Uruguay. *Revista Arroz*, No. 92: 48-52.
- Mueller, D. S.; Wise, K. A.; Dufault, N. S.; Bradley, C. A.; Chilvers, M. I.** 2013. *Fungicides for field crops*. St. Paul, Minnesota, EUA. The American Phytopathological Society. p. 1-112.

9- ¿ES POSIBLE SUSTITUIR UREA POR BIOFERTILIZANTES MANTENIENDO LA PRODUCTIVIDAD?

EVALUACIÓN DE MICROGEO® EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ

J. Castillo¹

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Eficiencia uso de nutrientes (EUN), Biofertilizantes.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia de uso de nutrientes y en especial la del N (EUN) es una temática de creciente interés e importancia ya que detrás de ese concepto existen aspectos productivos, económicos y ambientales. En Uruguay, existe información del sector arrocero que muestra para los últimos 20 años, una disminución en la EUN debido a que, durante este período, se agregó N a una tasa mayor a la del aumento de los rendimientos del cultivo (Pittelkow *et al.*, 2016).

Dentro de las diferentes alternativas para aumentar la EUN, la utilización de biofertilizantes que posibiliten disminuir las dosis de N agregadas es una de ellas. Este es el caso de MICROGEO®, fertilizante biológico que en evaluaciones privadas ha mostrado resultados promisorios, aumentando tanto los rendimientos en grano como el N potencialmente disponible en el suelo (PMN). Estos resultados, de otros cultivos, fueron presentados por el Ing. Agr. Diego Pérez del Castillo en nombre de la empresa Agrofuturo S.A, quien aportó experiencias previas, anteriores al inicio de esta investigación.

Los objetivos del trabajo fueron evaluar el MICROGEO® en combinación con diferentes dosis de N y cuantificar el efecto sobre: a) la productividad del arroz y b) parámetros químicos de suelo relacionados a la productividad del cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Instalación y manejo del experimento

En enero de 2017, sobre una pastura mezcla con leguminosas y previo a la realización del laboreo de verano, se instaló un experimento en fajas. El mismo estuvo ubicado en el departamento de Rocha, sobre suelos de fertilidad media-alta (Gleysoles). La siembra del cultivo de arroz fue en setiembre de 2017. Entre enero de 2016 y la siembra del cultivo de arroz se aplicó el fertilizante biológico MICROGEO® en 3 momentos: a) sobre la pastura previa al laboreo, b) luego de realizado el laboreo y c) previo a la siembra del cultivo de arroz. Previo a la primera aplicación de MICROGEO®, a la entrada de agua del cultivo de arroz y posterior a la cosecha de éste, fueron realizados muestreos de suelo del área experimental. Salvo las coberturas nitrogenadas, el restante manejo del cultivo fue realizado según las prácticas habituales del productor.

Tratamientos evaluados

Se evaluaron dos tratamientos principales: a) con el agregado de 450 l/ha MICROGEO® (divididos en 3 aplicaciones) y b) un testigo sin aplicación del biofertilizante. Sobre cada tratamiento principal (con y sin MICROGEO®) se evaluaron 3 dosis de N contándose además con un testigo absoluto. Las dosis aplicadas en V5 (inicio macollaje) fueron: 0, 25, 50 y 75 kg/ha N, habiéndose definido la dosis central (50 kg/ha N a V5) definida en base al parámetro potencial de mineralización de N (Castillo *et al.*, 2014). En base a la dosis central, se sustrajeron o agregaron

¹ MSc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jcastillo@inia.org.uy

25 kg/ha N, definiéndose las 3 dosis de N a V5 mencionadas. A R0 (diferenciación panicular), a excepción del testigo absoluto, se agregó una segunda cobertura de 25 kg/ha N. Los tratamientos definitivos fueron: 0, 50, 75 y 100 kg/ha N.

RESULTADOS

Se detectaron diferencias en el rendimiento en grano alcanzado en función de la dosis de N agregada ($p < 0,0001$), de los tratamientos de fertilización biológica ($p = 0,0058$), así como una tendencia en la interacción entre estos dos factores ($p = 0,118$).

Para el rango de hasta 10500 kg/ha arroz la frecuencia de situaciones con incrementos de rendimiento por el agregado de MICROGEO® fue de 74%. Dentro de este rango, el 31% de las situaciones presentó incrementos entre 20 y 30%, el 38% entre 5 y 15% y el 31% de las situaciones hasta un 5% de incremento en rendimiento. Por encima de este rango, la frecuencia de incremento pro-

ductivo por uso del biofertilizante comenzó progresivamente a ser menor (Figura 1a).

En los rangos de fertilización de N utilizados a nivel comercial, el agregado de MICROGEO® permitió alcanzar los mismos rendimientos que el testigo, pero con menores dosis de N agregado. Se alcanzó el mismo rendimiento en el tratamiento con 50 kg/ha N + MICROGEO® que con 75 kg/ha N sin el agregado del fertilizante biológico (Figura 1b).

En las parcelas con MICROGEO®, la concentración promedio de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) en suelo previo a la inundación del cultivo fue mayor que en las parcelas sin biofertilizante. También se encontró una menor variabilidad espacial de estos nutrientes a través del experimento (3,2 ha). En adición, las parcelas tratadas con MICROGEO® presentaron una asociación entre la absorción de los nutrientes mencionados con el rendimiento logrado, por medio de ajustes cuadráticos (información no presentada, disponible en informe final de evaluación).

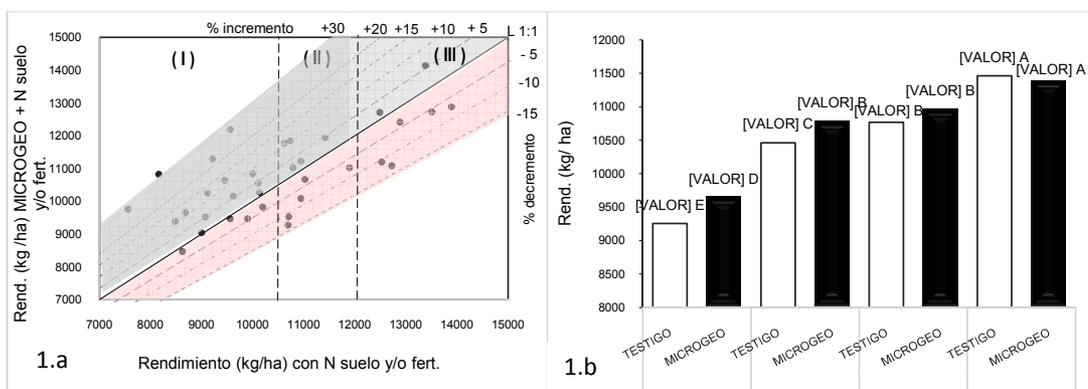


Figura 1. a) Relación entre el rendimiento alcanzado con N (sin agregado de MICROGEO®) y con MICROGEO® + fertilización N. Puntos por encima de la línea 1:1 (L 1:1) significan incrementos de rendimiento por el agregado de MICROGEO®, sobre la línea significan sin variación y por debajo de esta depresión del rendimiento. Figura 1. b) Rendimiento alcanzado para la interacción entre agregado o no de MICROGEO® y la dosis de N evaluada.

CONSIDERACIONES FINALES

A pesar del alto nivel productivo medio del experimento (10500 kg/ha) y del alcanzado por el testigo absoluto (sin N ni biofertilizante = 9.259 kg/ha), se encontró respuesta en rendimiento tanto al agregado de N como al agregado de MICROGEO®.

En los rangos de fertilización nitrogenada utilizados a nivel comercial (50 y 75 kg/ha N), el agregado de MICROGEO® permitió aumentar la eficiencia de uso del N (EUN), sosteniendo la productividad con menores dosis de N agregado.

Los tratamientos que recibieron el agregado de 450 l/ha de MICROGEO® dividido en 3 momentos presentaron en promedio mayores valores en la concentración de N, P y S en suelo previo a la inundación, así como una disminución en la variabilidad espacial de estos en el terreno que lo observado para las situaciones sin el biofertilizante.

BIBLIOGRAFÍA

Castillo, J.; Terra, J.A.; Ferreira, A.; Méndez, R. 2014. Fertilización N en base a indicadores objetivos. ¿Qué sabemos luego de 3 años de experimentación? Serie Actividades de Difusión N°735 Cap.3, p. 4-6. INIA Treinta y Tres.

Pittelkow, C.M.; Zorrilla, G.; Terra, J.A.; Ricetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A. 2016. Sustainability of rice intensification in Uruguay from 1993 to 2013. *Global Food Security*, 9: 10-18.

10- VALIDACIÓN A ESCALA COMERCIAL DE LA PROPUESTA DE FERTILIZACIÓN N-P-K EN BASE A INDICADORES OBJETIVOS EN EL CULTIVO DE ARROZ

G. Moreira¹ J. Terra², J. Rosas³ J. Castillo⁴

PALABRAS CLAVE: Niveles críticos, Eficiencia uso nutrientes, Margen económico.

experimentos en fajas, sobre diferentes cultivos comerciales de arroz.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la fertilización y las cantidades de nutrientes agregadas al cultivo de arroz en Uruguay han presentado cambios, destacándose la inclusión de potasio (40 kg/ha de K_2O promedio) en el paquete de fertilización (Castillo, 2013) y el aumento entre 40-50% de la dosis de nitrógeno aplicadas en cobertura durante el cultivo (Pittelkow *et al.*, 2016). No obstante, tanto en este período como en décadas anteriores, no existieron diferencias importantes en las cantidades de nutrientes agregadas entre regiones, antecesores y rotaciones. Considerando esto y sabiendo que los distintos ambientes tienen diferentes capacidades de aporte y dinámica de nutrientes, en la última década se generó y compiló información parcelaria para el manejo de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en base a parámetros objetivos. Paralelamente, basados en esa información se condujeron trabajos que evaluaron el impacto físico y económico de distintas estrategias de fertilización, en comparación a la propuesta para N, P y K mencionada (Lauz y Tarán, 2016), siendo el siguiente paso la validación a escala semi comercial de esta tecnología de fertilización. El objetivo de este trabajo fue validar el impacto productivo y económico de la tecnología de fertilización basada en indicadores objetivos para N, P y K respecto a otras estrategias, mediante

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujeron 7 ensayos durante las zafras 2014-2015 y 2016-2016, descartándose 1 por alteraciones en el manejo. Tres estuvieron localizados en Rincón de Ramírez, dos en la primera zafra con las variedades EP144 (RR-1-EP) e INIA Tacuarí (RR-1-TAC) y un tercero durante la segunda zafra con la variedad Parao (RR-2-PA). En el primer año también se contó con un sitio en la localidad de Lascano sembrado con la variedad Parao (LAS-1-PA), mientras que el segundo año se contó con 2 experimentos en Treinta y Tres, en Paso de la Laguna, sembrados con INIA Olimar (PL-2-OL) y Parao (PL-2-PA). Los antecesores contemplaron laboreo de verano sobre pradera (RR-1-TAC, PL-2-OL y PL-2-PA), laboreo de verano sobre retorno sin pradera (RR-2-PA), rastrojo de arroz (RR-1-EP) y rastrojo de soja (LAS-1-PA). Salvo el manejo de la fertilización, las demás prácticas fueron realizadas por los productores. Se evaluaron 3 tratamientos de fertilización N-P-K: 1) testigo tecnológico (TT) común entre productores, 46 kg/ha P_2O_5 + 64 kg/ha N, sin agregado de K; 2) fertilización elevada (FE), 83 kg/ha P_2O_5 + 170 kg/ha N + 180 kg/ha K_2O , para cubrir la extracción total de N-P-K de un cultivo de 12 t/ha manteniendo una relación 1:1 entre N y K; y 3) Fertilización objetiva (FO), basado en indicadores de suelo y planta. Los criterios para la defini-

¹ Ing. Agr. Estudiante Maestría Fac. Agronomía – UDELAR

² Ph. D. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz jterra@inia.org.uy

³ D. Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁴ M. Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

ción de las dosis del tratamiento FO en cada localidad estuvo en función de lo reportado por Castillo *et al.* (2015), incluidos en el programa de cálculo de fertilización Fertiliz-Arr. Para el promedio de las localidades el tratamiento FO se fertilizó con 10 kg/ha P₂O₅, 71 kg/ha N y 73 kg/ha K₂O.

La superficie de cada tratamiento fue de 5000 m² (fajas de 200 x 25 m), habiendo 2 repeticiones por bloque en cada sitio. Durante el ciclo del cultivo se determinó acumulación de biomasa, índice de área foliar (IAF) y actividad de clorofila (SPAD) (información no presentada) y a cosecha se determinó rendimiento sobre una superficie de 2800 m² con máquinas comerciales equipadas con monitor de rendimiento, obteniéndose los mapas respectivos. Paralelamente se pesó directamente lo cosechado con balanza de piso. Se estimó la diferencia de margen económico

entre los tratamientos, en base a la frecuencia de casos con incremento, igualdad o disminución de beneficio. Las respuestas agronómicas se analizaron por medio de modelos mixtos del paquete estadístico R, siendo los tratamientos efectos fijos y los bloques anidados en sitio y año efectos aleatorios.

RESULTADOS

En promedio, la productividad del tratamiento FO fue 4,7% superior al TT. Por otro lado, el tratamiento FE fue 2,4% y 7,2% superior a FO y TT respectivamente. Analizando cada ensayo, en 2 de 6 sitios se observaron diferencias significativas; ambos sembrados con Parao. En LAS-1-PA la FE fue 28,3% superior al TT. En RR-2-PA la FO fue 10,2% superior al TT, la FE fue 5,5% y 16,2% superior a la FO y al TT respectivamente.

En promedio, FO utilizó 14% más N que TT,

Cuadro 1. Efecto de 3 criterios de fertilización N-P-K en el rendimiento del cultivo de arroz en ensayos en fajas a escala de chacra en 6 sitios de la región este durante 2 zafas.

Tratamiento	RR-1-TAC	RR-1-EP	LAS-1-PA	RR-2-PAR	PL-2-OL	PL-2-PA	Media
FO	10587	10466	8963 ab	9982 b	9519	11479	10016 a
FE	10460	10755	8854 a	10530 a	8992	11944	10256 a
TT	10408	10251	6902 b	9058 c	9197	11585	9567 b
Media	10485 AB	10491 AB	7949 D	9857 B	9236 BC	11669 A	9946
Error estándar	351	125	399	94	230	495	
Test ef. Fij.							
Tratamientos	0,8796	0,1091	0,0763	0,0079	0,2733	0,6731	0,0106
Sitio							<0,0001
Trat. x sitio							0,1768

Letras diferentes en una misma columna difieren significativamente para p<0,05.

pero fue 58% menor al N aplicado en FE. Por otro lado, la cantidad de P promedio aplicado en FO fue un 25% del aplicado en TT y un 12% del aplicado en FE. Por último, la aplicación de K en FO fue 59% menor que el K agregado en FE.

El factor de productividad parcial del N, medido como la masa de grano producido por unidad de N aplicado fue similar entre FO y TT (149 y 143 kg/kg respectivamente), pero

en promedio ambos fueron 2,43 veces más eficientes que FE (60 kg/kg). El aumento en la cantidad de N aplicado en FO respecto a TT no generó una disminución de la eficiencia ya que el aumento del rendimiento fue proporcional al aumento la dosis. Por otro lado, en la FE, el rendimiento no acompañó proporcionalmente el aumento de la dosis de N, como consecuencia la eficiencia bajo a niveles del 41% en relación con los demás tratamientos.

Desde el punto de vista económico, la información indicó que existió incremento en el margen económico en el 50% de las situaciones a favor de FO en comparación al TT, un 8% mantuvo el margen mientras que el restante 42% disminuyó el margen cuando se fertilizó en base a FO respecto a TT (Figura 1a). En términos generales, la FO capitalizó las mejoras en el beneficio económico en

situaciones de ambientes de márgenes menores mientras que disminuyen o se tornan negativas en situaciones donde el ambiente permite la obtención de altos márgenes. Para el promedio de los datos, el margen económico de FO fue 7 y 33% superior que TT y FE respectivamente. Por otro lado, en ninguna de las situaciones el FE presentó una ventaja económica frente a FO (Figura 1b).

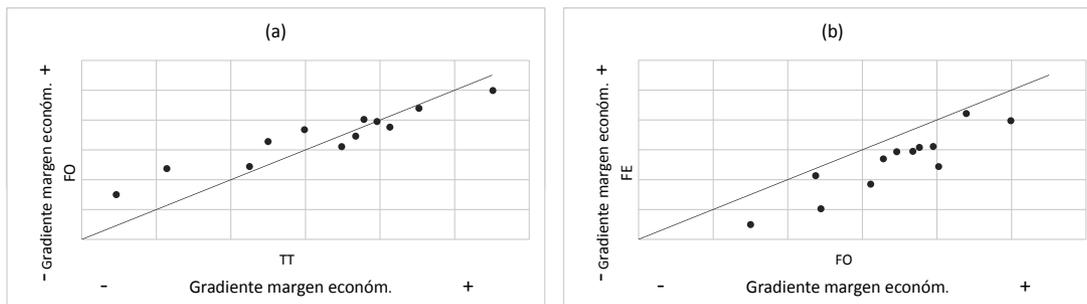


Figura 1. Variación en el margen económico entre TT y FO (a) y entre FO y FE (b). En los gráficos, los puntos por encima de la línea significan una ventaja de la variable del eje “y” respecto a la variable del eje “x”. Casos por debajo de la línea significan una ventaja de la variable del eje “x” respecto a la variable del eje “y”. Situaciones sobre la línea significan igualdad entre las variables de los ejes.

CONCLUSIONES

La validación a escala semi comercial del tratamiento de fertilización en base a parámetros objetivos (FO) mostró que en promedio se incrementó el rendimiento (4,7%), se aumentó el margen económico (7%) y se mantuvo la eficiencia de uso del N frente al TT. En comparación al tratamiento FE, el FO alcanzó el mismo rendimiento, tuvo una mayor eficiencia de uso del N (149 vs. 60 kg/kg), y permitió aumentar el margen económico en un 33% en términos absolutos. Estos valores fueron alcanzados aún con la disminución en el uso de P en el paquete de fertilización de un 75 y 88% respecto a TT y FE.

Aun en la escala evaluada, fue posible considerar la capacidad de aporte del suelo y relacionarlo a la demanda del cultivo por medio

de la adición suplementaria de nutrientes a través de modelos que se basan en niveles críticos de respuesta a la fertilización. Quizás sea esta una manera para minimizar posibles impactos ambientales negativos sin perder productividad.

La aplicación de grandes cantidades de nutrientes (FE) no generó en promedio mejoras en el rendimiento respecto a FO. A nivel de sitio individual, esto sucedió en una sola situación. El agregado de altas dosis de nutrientes sin considerar el aporte del suelo (FE) deprimió en forma significativa los márgenes económicos, así como la eficiencia de uso de nutrientes. Puede implicar además un riesgo ambiental innecesario por la mayor probabilidad de pérdidas de nutrientes del sistema (Pittelkow, *et al.*, 2016), aspecto no estudiado en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

Pittelkow, C.; Zorrilla, G.; Terra, J.; Riccetto, S.; Macedo, I.; Bonilla, C.; Roel, A. 2016. Sostenibilidad de la intensificación arroceras del Uruguay desde 1993 al 2013. Treinta y Tres: INIA, Cap 4, p 7-10. (Actividades de Difusión; 765)

Lauz, M.A.; Tarán, C. 2016. Diferentes criterios de fertilización N-P-K en el cultivo de arroz y su efecto en parámetros vegetativos, productivos, económicos y de eficiencia. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.

Castillo, J.; Vaz, P.; Terra, J. 2015. Fertilizarr: herramienta de ayuda para la toma de decisiones en la fertilización del cultivo de arroz. Treinta y Tres: INIA, Cap 4, p 1-3 (Actividades de Difusión; 748)

Castillo, J. 2013. Ajustes a la fertilización N-P-K en el cultivo de arroz. En: Jornada arroz-soja Agosto, 2013. Disponible en, www.inia.uy/estaciones-experimentales-direcciones-regionales-actividad-2013-97

11- CORRELACIÓN DE VARIABLES CLIMÁTICAS DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA CONVENCIONAL Y DE UN SATÉLITE

M. Oxley¹, I. Macedo²

PALABRAS CLAVE: Información satelital, Clima, Teledetección.

INTRODUCCIÓN

El clima afecta de forma directa la producción agropecuaria en nuestro país. Por ejemplo, Roel y Baethgen (2005) mencionan que en general en los años Niña (más radiación), la productividad comercial de cultivo de arroz se ubica por encima del promedio. Otro ejemplo es el de la productividad de soja, donde Giménez (2014) reporta que la principal limitante del rendimiento es el régimen hídrico durante el ciclo del cultivo (suelo + precipitación). No siempre existe información climática tomada por estaciones meteorológicas cercanas al sitio de interés. Una alternativa a esta faltante puede ser la del uso de información climática estimada por sensores de satélites. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la correlación de algunas variables climáticas entre datos tomados por una estación meteorológica y un satélite para una serie de años que va desde 1990 hasta 2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para acceder a la información satelital se ingresó al siguiente enlace, (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>) donde se cargaron las coordenadas (también se puede seleccionar el punto geográfico en el mapa).

Aquí se eligen las variables de interés y el formato en que se quieren descargar los datos. Luego se generó una base de datos con esta información y la obtenida por la estación meteorológica de la Unidad Experimental Paso de la Laguna de INIA Treinta y Tres, la cual se encuentra disponible en forma libre en la web de INIA-GRASS (<http://www.inia.uy/gras/Clima/Banco-datos-agroclimatico>).

Las variables climáticas incluidas en este trabajo fueron la temperatura máxima (Tmax), la temperatura mínima (Tmin) y la radiación (Rad). La escala temporal de análisis fue diaria, decádica y mensual.

Para el análisis de asociación de las variables entre satélite y estación meteorológica se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y modelos de regresión simples.

RESULTADOS

En el cuadro 1 se presenta la correlación de distintas variables climáticas medidas ó estimadas por diferentes instrumentos. Se observa que existió una correlación alta, significativa y positiva entre los datos tomados por la estación meteorológica y los datos estimados por los sensores del satélite.

Se puede observar que existe una mejora en la correlación cuando los datos se comparan en forma decádica y mensual respecto a la información diaria.

¹ Técnico en Sistemas Arroz-Pasturas. INIA. aoxley@inia.org.uy

² M.Sc. INIA. Estudiante de doctorado, imacedo@inia.org.uy

Cuadro 1. Coeficiente de correlación de Pearson (r) para temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) y radiación (Rad) a distintas escalas temporales (diaria, decádica y mensual) entre datos aportados por un satélite y una estación meteorológica.

Variable	diaria r (n=10225)	decádica r (n=1008)	mensual r (n=336)	p-valor
Tmax	0,94	0,98	0,99	<0,0001
Tmin	0,93	0,98	0,98	<0,0001
Rad	0,92	0,98	0,99	<0,0001

En la Figura 1 se puede observar la dispersión que existe entre los datos aportados por la estación meteorológica y lo del satélite. Como se mencionó en el Cuadro 1, las correlaciones encontradas para estas varia-

bles fueron altas. Los datos de temperatura siguen una relación próxima 1:1, mientras que los valores de radiación estimados por el satélite son mayores a los de la estación meteorológica.

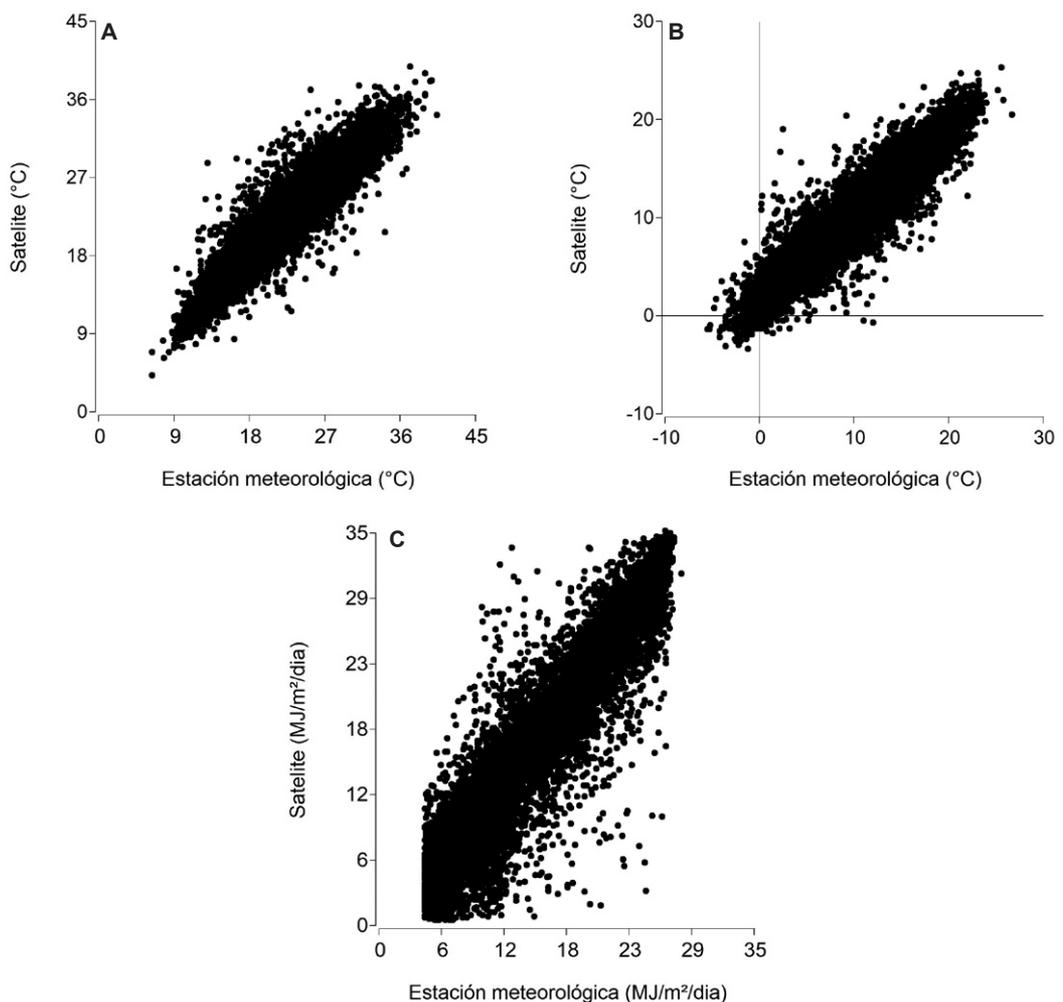


Figura 1. Diagrama de dispersión de valores diarios obtenidos por una estación meteorológica y datos estimados por un satélite. A) Temperatura máxima, B) Temperatura mínima y C) Radiación.

Una aplicabilidad práctica de estos resultados podría ser la del uso de predicción de momentos fenológicos de cultivos donde no se cuente con información de clima de una estación meteorológica cercana a la chacra. Un ejemplo de esto es el modelo de predicción fenológica para el cultivo de arroz DD50, desarrollado por la agencia de extensión de la Universidad de Arkansas y adaptado por Casterá y Fernández (1999) para las condiciones locales. Con la información de temperatura aportada por el satélite y las unidades térmicas requeridas por cada variedad de arroz (disponible en boletín agroclimático de INIA) para completar las etapas fenológicas, cada uno podría calcular la acumulación de unidades térmicas en un sitio.

Unidad Térmica (UT) = $(T_{\max} + T_{\min}) / 2 - \text{Temperatura base}$

- Temperatura Base para el arroz = 10°C
- Si la T_{\max} es = ó > a 34°C, se topea en 34°C la T_{\max} .
- Si la T_{\min} es = ó > a 21 °C, se topea en 21°C T_{\min} .
- Si $(T_{\max} + T_{\min}) / 2$ es menor a la temperatura base, la unidad térmica (UT) de arroz queda en 0.

También podría ser de utilidad a la hora de analizar datos de alguna variable productiva de interés en distintas regiones, que sea afectada por el clima (radiación, temperatura, evapotranspiración y precipitaciones) y no se cuente con información climática o

solo se cuente con información de un lugar específico alejado del sitio de interés.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos sugieren que es posible utilizar información climática proveniente de satélites en aquellos sitios donde no exista acceso a datos de estaciones meteorológicas cercanas ya que la correlación observada fue alta y significativa entre las variables evaluadas.

Nota: este trabajo fue parte de la tesis de la tecnicatura en sistemas Arroz-Pasturas de UTU de Matias Oxley.

BIBLIOGRAFÍA

Giménez, L. 2014. Efecto de las deficiencias hídricas en diferentes etapas de desarrollo sobre el rendimiento en soja. *Agrociencia Uruguay*, 18(1):53-64.

Casterá, F.; Fernández, J. 1999. Evaluación de distintas temperaturas bases para la suma de grados días en diferentes cultivares de Arroz [Tesis de grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 152 p.

Roel, A., Baethgen, W. 2005. Asociación entre las fases de "el niño" y la producción arroceras del Uruguay. In: Unidad de Agropecuarios y Difusión del INIA., eds. INIA Treinta y Tres, Uruguay. Montevideo: INIA. p. 1-19. (Serie Técnica; 148)

12- EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE ARROZ SOBRE ROTACIONES CONTRASTANTES

M. Aguirre¹; J. F. López¹; J. Castillo²; I. Macedo³; J. Terra⁴

PALABRAS CLAVE: Productividad, Fertilización, Intensidad de uso.

INTRODUCCIÓN

La productividad del arroz en Uruguay creció a tasas de 104 kg/ha/año desde la década del 70 para situarse entre las mayores de mundo (8,2 t/ha). El nitrógeno (N) es un nutriente limitante de la productividad y clave para explorar los rendimientos alcanzables de 11,2 t/ha en Uruguay (Carracelas *et al.*, 2016). El N del suelo es la principal fuente de N para el cultivo, pero para alcanzar altos rendimientos debe ser complementado por N de fertilizantes y/o la fijación biológica (FBN) de leguminosas. No obstante, el N del fertilizante es un insumo caro que usado en exceso puede tener externalidades ambientales negativas. Por otro lado, a nivel productivo el arroz rota con pasturas diversas y eventualmente otros cultivos, que afectan la dinámica y aporte de N del suelo. Si bien existen indicadores objetivos de suelo y planta para ajustar la fertilización del cultivo (Castillo *et al.*, 2014), es importante conocer bajo qué sistemas de rotación el suelo tiene mayor potencial de aporte de N para reducir costos productivos y mejorar la eficiencia de uso del N (EUN) (Castillo, 2018). Es escasa la información local sobre la dinámica del N en sistemas arroceros de

intensificación variable y su interacción con la fertilización nitrogenada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de grano y la EUN del cultivo de arroz en rotaciones de intensidad de uso del suelo contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2018-2019 se realizó un experimento parcelario de respuesta al N en arroz sobre una plataforma de rotaciones de largo plazo instalada en 2012 en la Unidad Experimental Paso de la Laguna en Treinta y Tres. Esta plataforma compara seis rotaciones arroceras en todas sus fases simultáneamente y repetidas tres veces espacialmente. Para evaluar la respuesta productiva y la EUN del N agregado se seleccionaron cultivos de arroz en tres de las seis rotaciones establecidas en 2012 (Cuadro 1): 1) Arroz continuo (AzC, 7^{mo} arroz consecutivo) con trébol alejandrino como cobertura invernal; 2) Arroz-Pasturas Largas (Az-PL) evaluando los dos cultivos de arroz de la secuencia, el primero (Az₁) luego de una pradera de 3,5 años de festuca, trébol blanco y *Lotus corniculatus* y el segundo (Az₂) sobre una cobertura invernal de raigrás anual luego de Az₁; y 3) Arroz-Soja (Az-Sj) sobre una cobertura invernal de trébol alejandrino luego de la soja.

Cuadro 1. Rotaciones de largo plazo seleccionadas donde se instaló el ensayo de respuesta a N en arroz.

Rotación	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4		Año 5	
	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv	Pri-Ver	Oto-Inv
AzC	Arroz	TrAlej								
Az-PL	Arroz 1	Raigrás	Arroz 2		Pastura Larga: (festuca, frébol blanco, lotus corniculatus)					
Az-Sj	Arroz	Raigrás	Soja	TrAlej.						

Referencias: (TrAlej: Trébol Alejandrino); Pri-Ver: primavera-verano; Oto-Inv: otoño-invierno.

¹ Estudiante Fac. de Agronomía – UDELAR.

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

³ M.Sc. Estudiante Doctorado INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

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

En cada parcela de arroz de las rotaciones elegidas (parcela grande), se instalaron subparcelas de 3x10m (parcelas chicas) con cinco dosis de nitrógeno: a) 0 kg/ha N (N_0); b) 25 kg/ha N (N_{25}); c) 50 kg/ha N (N_{50}); d) 100 kg/ha N (N_{100}); e) 150 kg/ha N (N_{150}), fraccionadas 70 % a macollaje (V4) y 30 % a primordio floral (R_0). El diseño experimental fue de bloques completos al azar (3 repeticiones) y arreglo de parcelas divididas. Las parcelas mayores correspondieron a la rotación y las menores a dosis de N. El arroz fue sembrado sin laboreo el 9 de noviembre con INIA Olimar luego de 45-60 días de barbecho químico según la rotación. La fertilización fosfatada y potásica se ajustó por niveles críticos de suelo con el programa "FertilizArr". Se hicieron dos aplicaciones de fungicidas para control de enfermedades. El resto de las prácticas agrícolas fueron las usuales de la plataforma de largo plazo. Las determinaciones durante el ciclo del cultivo incluyeron la biomasa aérea y su contenido de N cada 21 días a partir del macollaje. El rendimiento de grano (13% H) se midió con una cosechadora experimental en 20 m² de cada subparcela de N. Se cuantificó la producción de grano, rastrojo y sus contenidos de N. Se calculó la Eficiencia Agronómica de uso del N (EAN= kg de aumento de rendimiento respecto a N_0 / kg de N aplicado) y el Factor Parcial de Productividad (FPPN= kg grano / kg N aplicado) (Boaretto *et al.*, 2007). El análisis estadístico se hizo con modelos mixtos donde la rotación, la dosis de N y sus interacciones fueron considerados efectos fijos y los bloques y su interacción con la rotación como efectos aleatorios. Para determinar la significancia de los efectos fijos se utilizó un test F con un $p=0,05$.

RESULTADOS

El rendimiento promedio de grano (seco y limpio) fue 9388 kg/ha. La productividad me-

dia de Az_2 -PL fue 7% inferior al de las otras rotaciones que no se diferenciaron entre sí (9559 kg/ha). La respuesta al agregado de N tuvo interacción con la rotación (Figura 1) y ajustó un modelo cuadrático que fue significativo hasta la dosis máxima usada en todas las rotaciones, excepto en Az -Sj. El mayor rendimiento con N_0 fue observado en Az -Sj (8595 kg/ha) mientras que en Az_2 -PL fue 14% menor. Sin embargo, Az_2 -PL tuvo la mayor respuesta a N, alcanzando la productividad de las demás rotaciones en la dosis máxima. El mayor rendimiento de N_0 relativo al máximo rendimiento (RRM) de la dosis óptima de N en el rango estudiado fue obtenido en Az -Sj (85%) y el menor en Az_2 -PL (69%), demostrando la alta capacidad de aporte del suelo en nuestras condiciones. Las dosis óptimas físicas en el rango estudiado (+10 %) fueron 158, 129, 165 y 125 kg/ha N para AzC , Az_1 -PL, Az_2 -PL y Az -Sj, respectivamente. Así, las dosis óptimas económicas considerando una relación insumo/producto de 5,4 (0,98U\$/Unidad de N; 0,18 U\$/kg de arroz) fueron 134, 112, 165 y 98 kg/ha N en AzC , Az_1 -PL, Az_2 -PL y Az -Sj, respectivamente.

Incrementos de la dosis de N redujo la EAN en todas las rotaciones excepto en Az_2 -PL que se mantuvo estable (Figura 2a). El Az -Sj tuvo la menor EAN para todos los niveles de N evaluados (16,8 kg/kg). Por otro lado, a dosis bajas N_{25} y N_{50} la mayor EAN fue observada en Az_1 -PL (41,2 kg/kg) y a dosis altas en Az_2 -PL (21,8 kg/kg). La EAN en la dosis de máxima respuesta física fue 17, 21, 19 y 12 kg/kg en AzC , Az_1 -PL, Az_2 -PL y Az -Sj, respectivamente. Estos valores fueron algo mayores a los valores habituales de 15 kg/kg reportados en sistemas productivos globales (Castillo, 2018), pero algo por debajo del valor mínimo considerado óptimo en cereales (25 kg/kg).

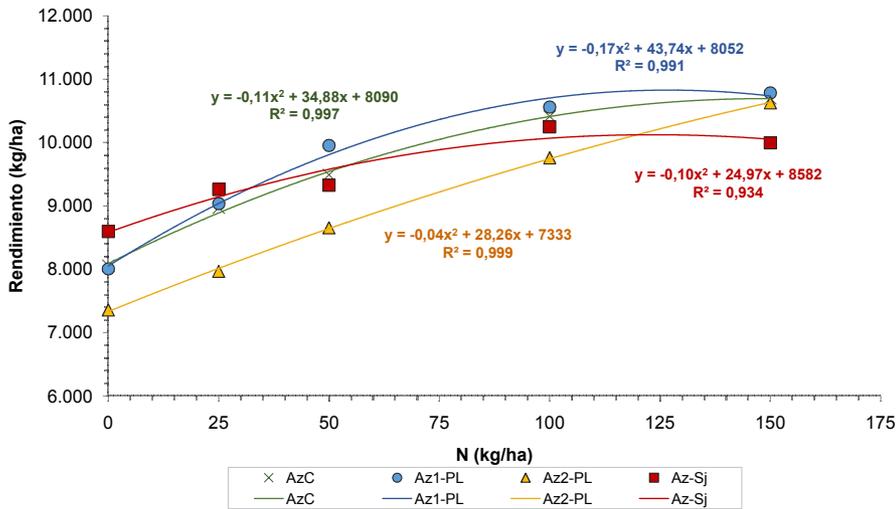


Figura 1. Efecto de la dosis de N sobre el rendimiento de arroz (seco y limpio) en la zafra 2018-19 en tres rotaciones estables (AzC: arroz continuo; Az-PL: Arroz-Pasturas Largas; Az-Sj: Arroz-Soja).

De igual modo, a dosis crecientes de N el FPPN se redujo en todas las rotaciones ajustando una función logarítmica (Figura 2b). En N_{25} el FPPN de Az_{2_PL} fue 12% menor que el promedio de las otras rotaciones (364 kg/kg), mientras que a N_{150} no existieron diferencias significativas entre rotaciones (70 kg/kg). El FPPN observado en las rotaciones en la dosis óptima física y económica de N fue mayor a los valores habituales de los sistemas productivos globales (51 kg/kg) y estuvo en general por encima del valor de 80 kg/kg₁ recomendado como óptimo (Castillo, 2018); excepto en Az_{2_PL} .

En Az-PL que representa 25 (Az_1) y 50% (Az_2) del área arrocerá uruguaya, se vieron 2 respuestas distintas. Por un lado, Az_1 capitalizó el ambiente favorable luego de las pasturas: suelo de alta capacidad de aporte de N, buena respuesta a N, rendimientos óptimos a menor dosis que Az_2 y destacable EUN. Sin embargo, en Az_2 estas ventajas se

diluyeron y el suelo tuvo menor capacidad de aporte de N necesitando mayor dosis para alcanzar rendimientos óptimos. El menor aporte relativo de N del suelo en Az_2 -PL, pudo deberse a los rastrojos de arroz y raigrás previos con alta relación C/N y capacidad de inmovilizar N; más aún en siembra directa. En AzC, a pesar de la alta intensidad de uso, la leguminosa de cobertura y la estrategia de fertilización por balances para sostener rendimientos determinaron menor respuesta a N y EUN destacada. La fertilización con N como herramienta para manejar limitantes productivas en rastrojos fue reportado por Deambrosi *et al.*, (2005). La menor EAN y el alto RRM en Az-Sj sugiere una buena capacidad de aporte de N del suelo y menor inmovilización neta de los residuos de leguminosas con baja relación C/N. Para capitalizar estas ventajas en el arroz, es clave sostener buenos niveles de productividad, con alta proporción de N de la FBN, en la soja y la cobertura previa de trébol alejandrino.

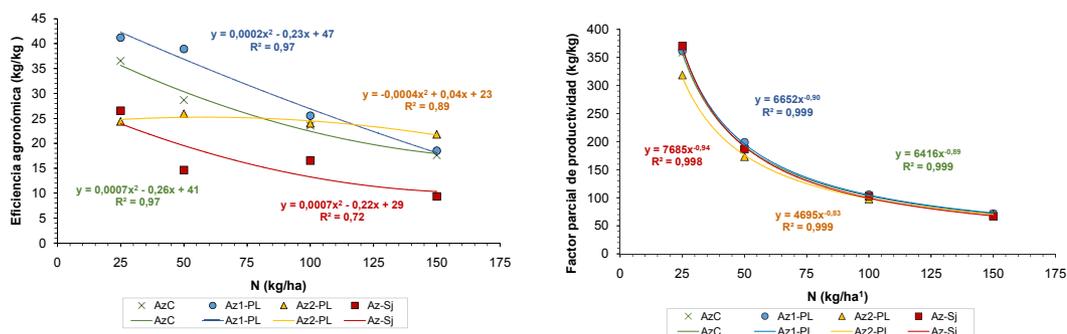


Figura 2. Efecto de la rotación sobre la eficiencia de uso de N en arroz. a) Eficiencia agronómica (EAN). b) Factor parcial de productividad (FPPN). (AzC: arroz continuo; Az-PL: Arroz-Pasturas; Az-Sj: Arroz-Soja).

CONCLUSIONES

La información sugiere que, bajo condiciones climáticas de baja radiación como las prevalentes en 2018-2019, son esperables respuestas significativas al agregado de N sobre el rendimiento del cultivo de arroz en diversas rotaciones. Sin embargo, la magnitud de las respuestas y la EUN es afectada tanto por la rotación como por los antecesos inmediatos lo que debería ser considerado en el ajuste de la dosis de N aplicada.

BIBLIOGRAFÍA

Boaretto, A.; Muraoka, T.; Trevelin, P. 2007. Uso eficiente del nitrógeno en los fertilizantes convencionales. *Revista Informaciones Agronómicas del IPNI*, 120:13-14.

Castillo, J. 2018. Ciclo del N en el cultivo de arroz en Uruguay: Estudios con técnicas isotópicas y convencionales. Tesis M.Sc. en Ciencias Agrarias. Montevideo: UdelaR. Fac. de Agronomía. 84 p.

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: INIA Treinta y Tres. Arroz-Soja: Resultados Experimentales 2013-2014. Treinta y Tres: INIA. Cap. 3. p. 4-6. (Actividades de Difusión; 735)

Carracelas, G.; Guilpart, N.; Grassini, P.; Cassman, K. 2016. Determinación del potencial y de la brecha de rendimiento en los sistemas de arroz en Uruguay. In: INIA Tacuarembó. Resultados experimentales de arroz Zafra 2015-2016. Tacuarembó: INIA. p. 33-39. (Actividades de Difusión; 766)

Deambrosi, E.; Méndez, R.; Avila, S. 2005. Estudio sobre la problemática de disminución de los rendimientos en los rastrojos de arroz. In: INIA Treinta y Tres. Arroz. Resultados Experimentales 2004-2005. Treinta y Tres: INIA. Cap.3, p.6-16. (Actividades de Difusión; 418).

13- MANEJO DEL RIEGO Y PRODUCTIVIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE ARROZ EN URUGUAY

G. Carracelas¹, J. Hornbuckle², J. Rosas⁴ y A. Roel^{3,4}

PALABRAS CLAVE: Intermitente, AWD, Rendimiento

INTRODUCCIÓN

La mayor parte del agua utilizada para regar el arroz en Uruguay se bombea (56%) y las represas construidas con fines de riego son la principal fuente de agua (54%) (DIEA, 2017). Manejos de riego alternativos podrían determinar una mejora en el resultado económico de la actividad por un ahorro en los costos asociados al riego (mano de obra, costos de bombeo, entre otros). En años de sequía, el agua almacenada en las represas puede no ser suficiente para regar el cultivo de forma continua durante todo su ciclo. Más agua disponible permitiría expandir el área de arroz o permitiría regar otros cultivos de cereales y pasturas, reduciendo el riesgo mediante la diversificación de productos. Aumentar los rendimientos y mantener la calidad industrial del grano de arroz mientras se reduce el gasto de agua, es un gran desafío para el sector arrocero. Los altos costos del cultivo sumado a los bajos pre-

cios de comercialización del grano dificultan la implementación de nuevas alternativas de riego que estén asociadas a un mayor riesgo por pérdidas de rendimiento o menor calidad de grano. El objetivo principal de este trabajo fue determinar técnicas de manejo del riego que aumenten la eficiencia y la productividad del agua, sin afectar negativamente el rendimiento y calidad del grano. La productividad del agua de riego se define como los kilogramos de arroz por m³ de agua de riego (WPI) (Bouman *et al.*, 2007).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este documento es un resumen de un análisis integrado de 10 experimentos de riego realizados durante un periodo comprendido entre 2009 y 2015, en suelos típicos de cada región arrocera del Uruguay (Carracelas *et al.*, 2019). Los tratamientos de riego evaluados en todas las regiones fueron: inundación continua tradicional (C) e intermitente hasta primordio (IP).intermitente durante todo el ciclo de cultivo (I) solo en la región norte-centro y AWD en el este. (Figura 1).

¹ Ing. Agr. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. gcarracelas@inia.org.uy
Deakin University. Faculty of Science Engineering & Built Environment.

² PhD. Deakin University. Faculty of Science Engineering & Built Environment.

³ PhD. INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

⁴ D.Sc INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz.

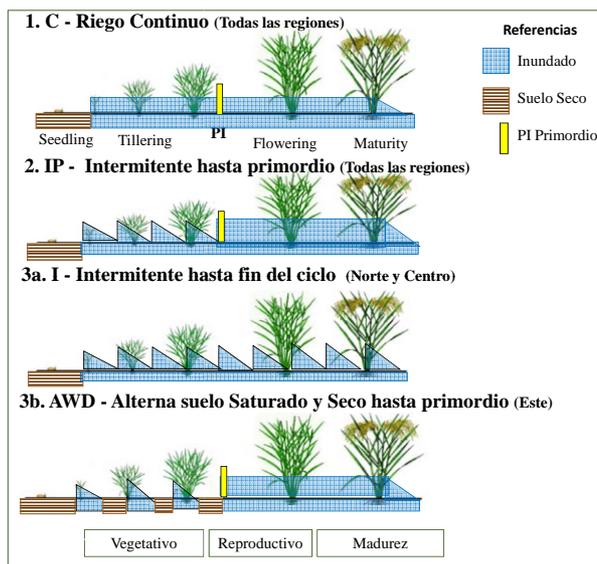


Figura 1. Tratamientos de riego evaluados en diferentes regiones arroceras del Uruguay

RESULTADOS

El gasto de agua de riego promedio fue de 7886 m³/ha y el gasto total de agua de riego incluyendo la lluvia fue de 14656 m³/ha en el tratamiento de inundación continua.

Las diferentes técnicas alternativas de riego evaluadas permitieron un ahorro significativo en el gasto de agua en relación con el riego continuo (Figura 2A). En la región norte, los manejos intermitentes determinaron ahorros de agua de riego, del 28% en IP y del 42% en I, en relación con C. En la región central, dichos manejos (IP, I) permitieron un ahorro

En el tratamiento C, la inundación se mantuvo con una lámina de agua de 10 cm durante todo el ciclo de cultivo.

En el tratamiento IP e I, la lámina de agua se dejaba resumir alternando entre 0 cm y 10 cm y se restablecía cuando el suelo aún estaba saturado (barro líquido).

El tratamiento AWD permitía que el suelo se secase con un agotamiento del agua del 50% del agua disponible, a partir del cual se volvía a saturar, alternando suelo seco y saturado durante el periodo vegetativo, hasta primordio.

significativo de agua de riego del 34% en relación con el control C. En la región este, el manejo AWD determinó una reducción significativa del gasto de agua del 29% en relación con C.

La productividad promedio del agua para todos los tratamientos considerando solo agua de riego fue de 1.39 kg/m³ (Figura 2B). Los manejos de riego alternativos determinaron aumentos significativos de este parámetro en todas las regiones. El registro más alto de productividad de agua se obtuvo con el tratamiento I en el centro, con un valor de 1.8 kg/m³.

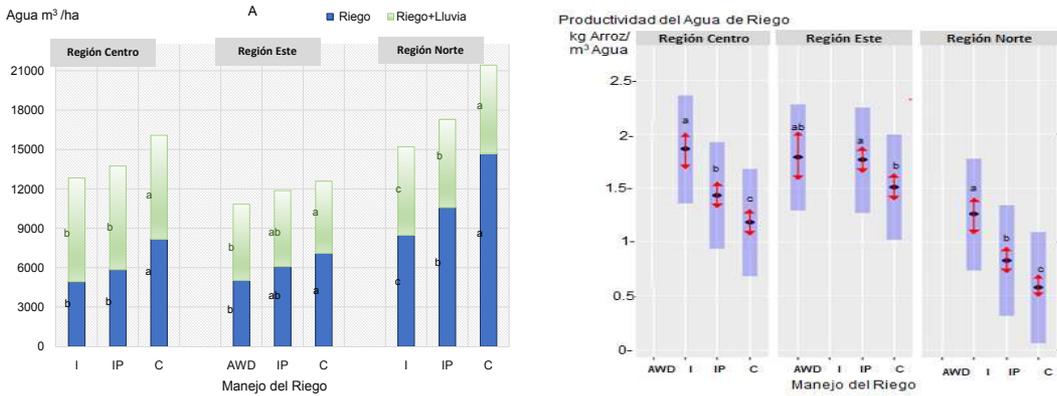
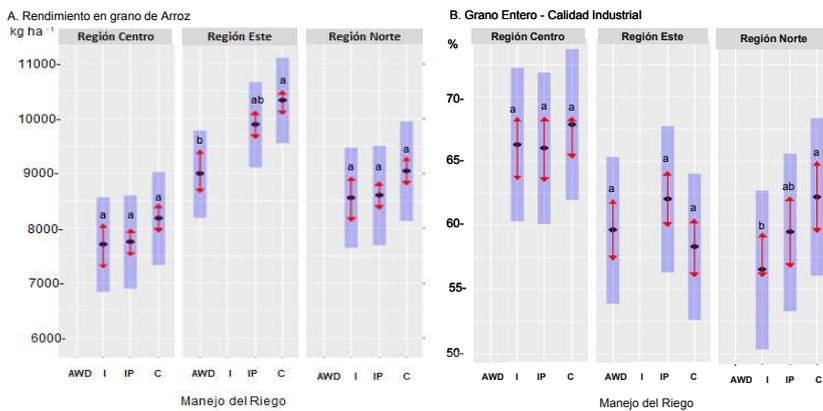


Figura 2. A. Gasto de agua de riego y total (riego + lluvias) y B. Productividad del agua de riego (kg/m³) para los manejos de riego y regiones.



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

Figura 3. A. Rendimiento en grano de arroz (kg/ha, 14% de humedad), B. Calidad Industrial del grano (Entero %) para cada tratamiento de riego y regiones arroceras.

En relación con el rendimiento, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos C, IP e I. El tratamiento AWD, resultó en una reducción significativa del rendimiento de 1339 kg/ha de arroz (15%) en relación con C (Figura 3A). La calidad industrial, porcentaje de grano entero no se vio afectado negativamente en las regiones este y centro. Sin embargo, en la región norte, el riego intermitente I, determinó una reducción significativa en este parámetro cercana al 6% en relación con C (Figura 3B).

Se destaca la técnica de riego intermitente hasta el inicio de primordio que permitió un ahorro importante del gasto de agua (25%) y un aumento significativo en la productividad del agua de riego (23%), sin afectar el ren-

dimiento de arroz y la calidad industrial del grano. Los resultados se obtuvieron en parcelas experimentales donde el riego es fácil de manejar. El éxito en la implementación exitosa de manejos alternativos de riego a mayor escala estará asociado a una adecuada sistematización y diseño del sistema de riego, con amplias capacidades de flujo de entrada de agua que permita una inundación rápida y uniforme de la chacra. A su vez se requiere de un programa integrado de manejo agronómico, control de malezas, fertilización y enfermedades acorde al nuevo manejo (Massey *et al.*, 2014). La implementación de manejos alternativos de riego implica un mayor riesgo y por lo tanto la adopción será limitada a menos que exista un incentivo económico como reducción de los costos

de bombeo del riego, costo de la energía y también de una reducción del costo total del agua. En el escenario actual de altos costos de producción, bajos precios de los granos y sin incentivos económicos, el riego continuo con inundaciones tempranas seguirá siendo la práctica de mayor adopción en Uruguay para la concreción del alto potencial de rendimiento del cultivo.

CONCLUSIONES

Este estudio identificó técnicas de riego (IP), que utilizaron significativamente menos agua de riego al tiempo que mantuvieron el rendimiento de arroz sin afectar la calidad industrial y, por lo tanto, aumentaron la productividad del agua de riego en una amplia gama de ambientes de cultivo de arroz irrigado en Uruguay.

Las técnicas de riego que mantuvieron el suelo siempre saturado (IP, I) permitieron una reducción del gasto de agua sin afectar negativamente el rendimiento del arroz, lo que determinó un aumento significativo en la productividad del agua. Sin embargo, el riego intermitente durante todo el ciclo del cultivo redujo significativamente el porcentaje de granos enteros en el norte. Cuando el suelo se seca al implementar la técnica AWD, el rendimiento fue afectado negativamente.

Investigaciones futuras deberán validar y adaptar estas tecnologías para ser implementadas con éxito en chacras comerciales. A su vez, es necesario evaluar diferentes estrategias de secado en AWD que mantengan el agotamiento del agua del suelo en niveles que no afecten el rendimiento y calidad de arroz.

La publicación completa con información más detallada del presente estudio se encuentra disponible en el siguiente enlace: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377419306134>

BIBLIOGRAFÍA

Bouman, B.A.M.; Lampayan, R.M.; Tuong, T.P. 2007. Water Management in Irrigated Rice: Coping With Water Scarcity. International Rice Research Institute, Los Baños (Philippines) 54 p.

Carracelas G.; Hornbuckle J.; Rosas J.; Roel A. 2019. Irrigation management strategies to increase water productivity in *Oryza sativa* (rice) in Uruguay. *Agricultural Water Management*. 222: 161–172. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.049>

DIEA, MGAP. 2017. Anuario Estadístico. 2000-2017. <http://www.mgap.gub.uy>

Massey, J.H., Walker, T.W., Anders, M.M., Smith, M.C., Avila, L.A. 2014. Farmer adaptation of intermittent flooding using multiple-inlet rice irrigation in Mississippi. *Agric. Water Manag.* 146, 297–304. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.023>

14- POTENCIAL Y BRECHA DE RENDIMIENTO DE ARROZ IRRIGADO EN URUGUAY Y OTROS PAÍSES ARROCEROS

G. Carracelas¹, N. Guilpart², P. Grassini³, G. Zorrilla⁴, K. Cassman³

PALABRAS CLAVE: GYGA, Sustentabilidad, Modelos.

INTRODUCCIÓN

El sector arrocero uruguayo ha sido de los sectores más exitosos e integrados en el país. El rendimiento de arroz en Uruguay ha aumentado a una de las tasas anuales más altas del mundo. Debido a los altos costos de los insumos y los bajos precios del arroz, mantener la tendencia de los rendimientos del arroz es fundamental para la viabilidad y sostenibilidad del cultivo en Uruguay. Los objetivos de este trabajo fueron: analizar las tendencias actuales del rendimiento del arroz y comparar el potencial de rendimiento del arroz (R_p) estimado, el rendimiento actual registrado (R_a), la brecha de rendimiento (Br) y producción relativa (Pr) de Uruguay, con otros países productores de arroz que han sido incluidos recientemente en el Global Yield Gap Atlas (GYGA, www.yieldgap.org).

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se implementó la metodología y los protocolos desarrollados por el Global Yield Gap Atlas (GYGA, www.yieldgap.org), para seleccionar las fuentes de datos, definir las zonas agroclimáticas en Uruguay, simular el rendimiento de los cultivos y estimar las brechas de rendimiento a nivel local y nacional. (Van Wart *et al.*, 2013; Van Bussel *et al.*, 2015; Grassini *et al.*, 2015). Los datos de R_a se obtuvieron de la base de datos de la indus-

tria arrocera (Casarone, Coopar y Saman). El modelo de simulación de cultivos Oryza V3 se usó para simular R_p durante un período de 18 años para cada una de las 7 estaciones meteorológicas de referencia seleccionadas. La Br se determinó como la diferencia entre el 80% de R_p y el promedio de R_a registrada en los últimos cinco años del periodo analizado y ponderada por el área cultivada de arroz. La Pr se calculó como el cociente entre el $R_a/R_p * 100$ y es un indicador de cuán cerca del techo se encuentra el rendimiento actual e indica si es posible seguir aumentando el R_a .

RESULTADOS

El rendimiento de arroz en Uruguay ha aumentado 176 kg/ha/año desde 2000 a 2010. Sin embargo, esta tendencia ha mostrado una marcada desaceleración en los últimos años (2011 - 2018), lo que podría indicar que los rendimientos promedio del arroz se acercan al techo del rendimiento (Figura 1). Los rendimientos promedio de las chacras a menudo comienzan a estabilizarse cuando alcanzan el 75 a 85% del potencial de rendimiento. A su vez, cuanto más cerca a dicho valor se encuentra el rendimiento, la respuesta en grano al agregado de insumos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas entre otros) es menor y por lo tanto el resultado económico puede ser negativo (Cassman *et al.*, 2003; Lobell *et al.*, 2009). El R_p estimado durante un período de 18 años ponderado por área sembrada fue de 14 t/ha (Figura 1). El R_a para las últimas 5 zafra de dicho periodo fue de 8.1 t/ha, lo que de-

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

² PhD AgroParisTech, France.

³ PhD. University of Nebraska-Lincoln. USA.

⁴ Msc. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz (hasta diciembre 2018).

terminó una Br de 3 t/ha y una Pr del 57% (Figura 1 y 2). Por lo tanto, los resultados de este trabajo estarían indicando que los rendimientos promedio de arroz aún no han alcanzado el techo de 80% del potencial estimado para Uruguay (11 t/ha). Sin embargo, existen situaciones de chacra que están muy cercanas al techo de rendimiento en Uruguay. Por otro lado, la evolución de Rp

en el periodo analizado en Uruguay no fue significativa (Figura 1).

El potencial de rendimiento de los países productores de arroz irrigado incluidos en el GYGA varía de 7 a casi 15 t/ha, de acuerdo con la amplia gama de ambientes y a diferencias en los sistemas en que se cultiva el cultivo (Figura 2).

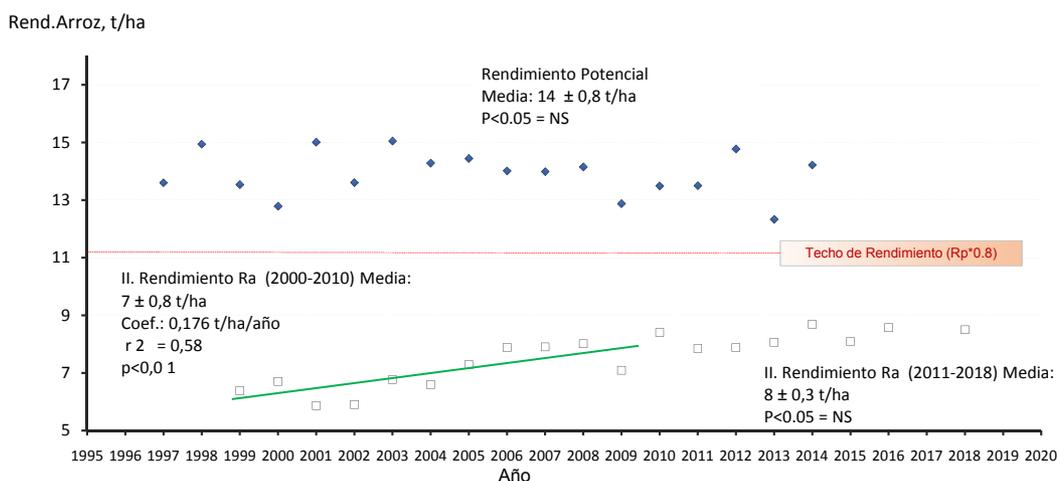


Figura 1. Potencial de rendimiento de arroz simulado con OryzaV3 y tendencia de rendimiento del arroz durante dos periodos: I. de 2000 a 2010; II. de 2011 a 2018. Fuente DIEA MGAP.

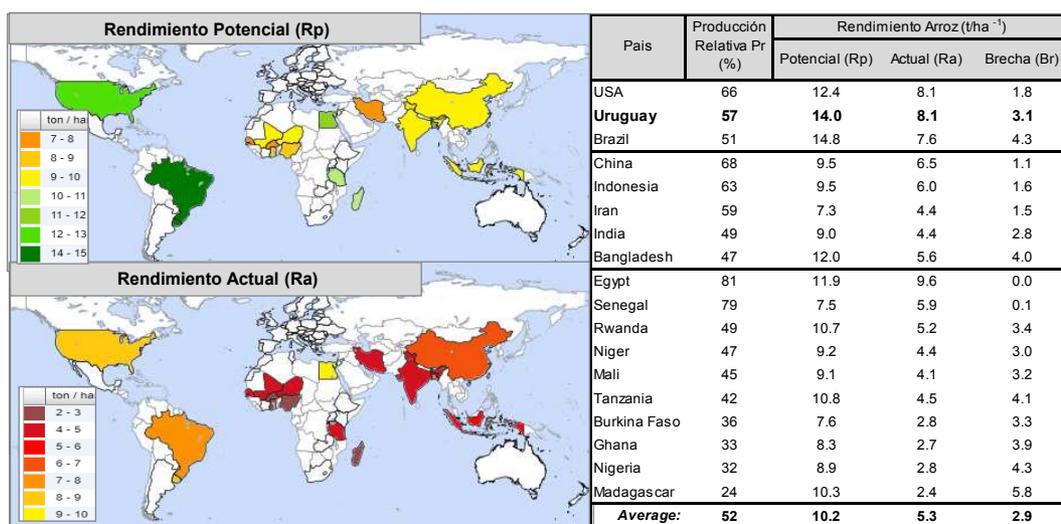


Figura 2. Rendimiento Potencial (Rp), Actual (Ra), Brecha ($Br = Rp \cdot 0.80 - Ra$) y producción relativa ($Pr = Ra / Rp \cdot 100$) de países con arroz irrigado incluidos en GYGA. www.yieldgap.org.

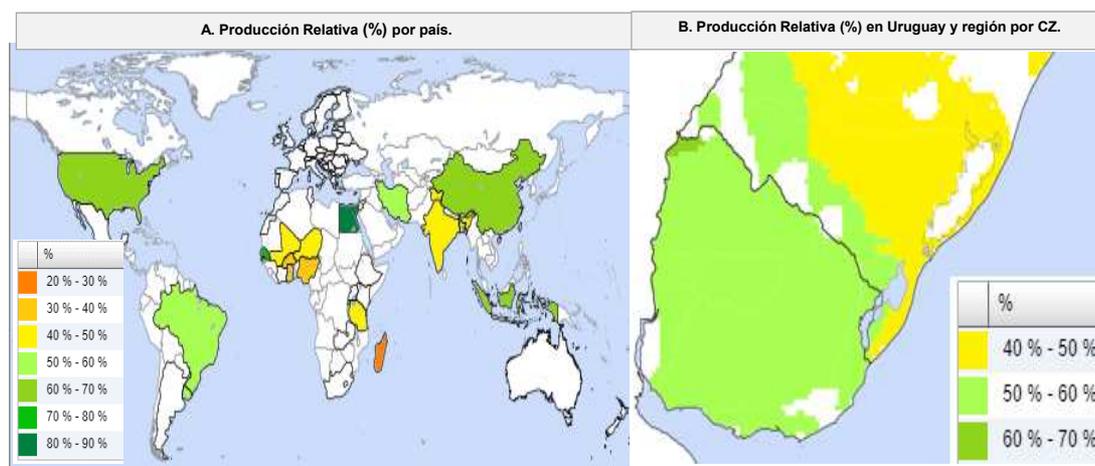


Figura 3. A. Producción relativa (Pr) para países con arroz irrigado y B. Pr regional por zona climática CZ: Uruguay-Brasil. (www.yieldgap.org)

La producción de rendimiento relativo al potencial (Pr) en la mayoría de los países incluidos en el atlas mundial es inferior al 60% (Figura 3). Esto indica que sería posible continuar aumentando los rendimientos dentro de las áreas de producción de arroz existentes, lo cual contribuiría a satisfacer la creciente demanda de alimentos en todo el mundo. Entre estos países, Brasil, Uruguay y USA exhiben uno de los mayores Rp y Ra a nivel mundial. A nivel regional, la brecha en promedio es más alta en Brasil comparado con Uruguay. (Figura 3). La experiencia en sistemas de cultivo de arroz y la integración de la cadena de arroz en Uruguay, ha permitido alcanzar una tasa muy alta de aumento de rendimiento en los últimos años. Esto se observa también en Brasil en lugares próximos a la frontera con Uruguay donde también se registran los rendimientos más altos con producciones relativas similares a las registradas en Uruguay (Figura 3). Reducir las brechas de rendimiento mejoraría el resultado económico de la industria y de los agricultores de arroz. La intensificación sostenible cuidando el medio ambiente deben ser la prioridad y el principal objetivo.

CONCLUSIONES

El potencial de rendimiento promedio estimado en Uruguay para una serie histórica

de 18 años fue de 14 t/ha el rendimiento promedio actual para las últimas 5 zafas de dicho periodo fue de 8,1 t/ha, lo que determinó una brecha de rendimiento nacional de 3 t/ha y una producción relativa del 57% en relación con el potencial. Los rendimientos actuales continúan en aumento registrándose un rendimiento promedio de 8,5 t/ha en las últimas zafas agrícolas, lo cual está representando el 60% del potencial de rendimiento estimado. Esto desestima la hipótesis de que los rendimientos ya han alcanzado su techo, sustentando esfuerzos para seguir mejorando aspectos de manejo del cultivo. Es importante considerar que la respuesta decreciente al agregado de insumos podría determinar límites en donde no sea económicamente rentable seguir aumentando rendimientos que ya están próximos al rendimiento potencial.

La alta tasa de aumento del rendimiento de arroz en Uruguay no se debió a factores climáticos. Se explica principalmente por la adopción de tecnologías, la incorporación de nuevas variedades y la implementación de prácticas de manejo integrado de cultivos, sumado a la actitud innovadora de los productores uruguayos que han sido tradicionalmente apoyados por un instituto de investigación tecnológica a su servicio.

Trabajos de investigación a futuro son necesarios a efectos de determinar el potencial de rendimiento de nuevas variedades del programa de mejoramiento genético. La liberación de variedades de alto potencial de rendimiento con resistencia a enfermedades, facilitaría el logro de mayores rendimientos a nivel de chacra y más próximos al potencial de cada ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

Cassman, K.G.; Dobermann, A.R.; Walters, D.T.; Yang, H. 2003. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28: 315-358.

Grassini, P.; van Bussel, L.G.J., P.; van Mart, J.; Wolf, J.; Claessens, L.; Yang, H.; Boogaard, H.; De Groot, H.; van Ittersum, M.K.; Cassman, K.G. 2015. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield gap analysis. *Field Crops Research*. 177, 49-63.

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

Van Wart, J.; Kersebaum, C.K.; Peng, S.; Milner, M.; Cassman, K.G. 2013. Estimating crop yield potential at regional to national scales. *Field Crops Research*. 143, 34-4.

Van Bussel, L.G.J.; Grassini, P.; van Mart, J.; Wolf, J.; Claessens, L.; Yang, H.; Boogaard, H.; De Groot, H.; Saito, K.; Cassman, K.G.; van Ittersum, M.K. 2015. From fields to atlas: Upscaling of location specific yield gap estimates. *Field Crops Research*. 177: 98-108.

15- CULTIVARES PROMISORIOS EN VALIDACIÓN COMERCIAL

F. Pérez de Vida ¹

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Adaptación, Interacción genotipo x ambiente.

INTRODUCCIÓN

El acuerdo establecido entre INIA y el Consorcio Nacional de Semilleristas de Arroz estipula la realización de un estadio de pruebas a escala comercial de los cultivares promisorios sugeridos por el mejoramiento genético. Este estadio pre-lanzamiento de un nuevo cultivar puede llevar a su concreción como variedad o ser desestimado, en un modo de mejoramiento compartido con los responsables técnicos de los miembros del consorcio. De esta forma, en esta etapa final de evaluación se tiene la oportunidad de la observación a nivel de "chacra" (1-10 ha), típicamente su comparación con el cultivar comercial plantado por el productor, e -idealmente- su evaluación industrial a escala del molino. Finalmente, el lanzamiento varietal se realiza bajo un consenso de las partes involucradas -lo cual puede incluir el uso específico de un cultivar por un socio- lo que es una significativa fortaleza de la cadena arrocera.

En la zafra 2018-2019, el programa de mejoramiento genético de INIA propuso la inclusión de 3 cultivares: SLI09197, SLI09193 y SLI14000. En la zafra previa, la Unidad de Producción de Semillas de INIA (responsable técnico A.L. Pereira) había generado la semilla necesaria para materializar la propuesta de estos cultivares en el estadio de validación comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

SLI09197: como fuera reportado por Pérez

de Vida et al (2016, 2017, 2018) se disponen de resultados experimentales y un resumen de la información de 7 años de evaluación y 50 ensayos en las regiones principales de producción de arroz de SLI09197. En esta serie se ha destacado por su alta productividad media (10.2 t/ha) y resistencia HR a *Pyricularia*. Se realizaron 3 áreas en las 3 principales regiones de producción, con apoyo de las empresas Saman, Dambo (Productor Adriano) y Coopar (Productor Alfonso Gómez).

SLI09193: según reportado por Pérez de Vida (2018) -en base a evaluaciones realizadas durante 8 años y 47 ensayos- presenta un ciclo a floración similar a INIA Olimar, similar rendimiento físico (9.6 t/ha) y superior "sano, seco y limpio" (10.5 t/ha), con resistencia HR a *Pyricularia*. Su potencial de rendimiento es inferior a INIA Merín en dicho análisis, sin embargo dado su ciclo menor y resistencia a *Pyricularia* resulta una opción agronómica necesaria. Se realizaron dos áreas comerciales: Centro-Norte (Pueblo del Barro, Tacuarembó, Santiago Ferrés, Saman) y Este (Los Arroyitos, Rocha, Productor Alfonso Gómez de Coopar)

SLI14000: es una línea derivada por retrocruzas de El Paso 144 por lo cual comparte con su progenitor recurrente todas las principales características agronómicas, incluyendo, ciclo, altura, macollamiento, arquitectura de planta, rendimiento, tipo de grano y calidad; sin embargo, se diferencia de aquella en que su resistencia a *Pyricularia* es de tipo HR (altamente resistente). Se realizaron 3 chacras en el norte (Saman), centro-norte (Dambo) y este (Río Branco, Coopar)

¹ PhD, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

Cuadro 1. Ubicación geográfica de áreas de cultivares promisorios en validación comercial

Zonas	Departamento	Localidad	SLI09197	SLI09193	SLI14000
Centro	Tacuarembó	P.del Barro	-	3,8 ha	-
Centro Norte	Rivera	Hospital	1 ha	-	1 ha
Este	Cerro Largo	Rio Branco	-	-	3 ha
Este	Rocha	Los Arroyitos	6,1 ha	4,9 has	-
Norte	Artigas	T.Gomensoro	10,3 has	-	2 ha

RESULTADOS

Cuadro 2. Ubicación geográfica de datos en estudio y distribución porcentual de cada cultivar por agencia de SAMAN

Zonas	Departamento	SLI09197 + Cult. principal		SLI09193 + Cult. principal		SLI14000 + Cult. principal	
Centro	Tacuarembó, P. del Barro			SLI09193	INIA Merin		
					24 oct		
				22 oct	180SSL		
					23 oct		
				N:70+50	INIA Olimar		
				190 SSL	168 SSI		
Este	Rocha, Los Arroyitos	SLI09197	INIA Merin	SLI09193	INIA Merin		
		23-Oct	23-Oct	23-Oct	23-Oct		
		N:100+80	N:100+80	N:100+80	N:100+80		
		188SSL	191SSL	196SSL	191SSL		
Centro Norte	Rivera, Hospital	SLI09197	INIA Olimar			ALI14000	INIA Olimar
		22 oct	22 oct			20-Nov	22 oct
		N:100+60	N:100+60			N:100+60	N:100+60
		181 SSL	150 SSL			158SSL	150 SSL
Este	Cerro Largo, Rio Branco					No estimado	
Norte	Artigas, Tomas Gomensoro	SLI09197	INIA Merin			SLI14000	INIA Merin
		28 sept	28 sept			28 sept	28 sept
		N:100+50	N:100+50			N:100+50	N:100+50
		180 SSL	123 SSL			202 SSL	213 SSL

En términos comparativos los cultivares promisorios presentaron rendimientos acordes a la zafra y potencial de las chacras en que se instalaron. SLI09193 fue el cultivar más destacado con rendimientos que superaron a la variedad comercial testigo en ambas situaciones (Santiago Ferrés, Pueblo del Barro, Tacuarembó y Alfonso Gómez Larzábal, Los Arroyitos, Rocha); en ambos casos la línea promisoriosa alcanzó las 190 bolsas SSL (Cuadro 2).

Por otra parte, SLI09197 obtuvo resultados similares a sus antecedentes, aunque en T. Gomensoro, Artigas en un ambiente de alto potencial, -en función de su fecha de siembra temprana, suelo de alta fertilidad e historia de chacra (retorno de pradera)- su rendimiento fue inferior al de INIA Merín. Las condiciones de reducida radiación en el mes de enero -en particular en esa región del país- pudieron afectar diferencialmente a estos cultivares evaluados. En la región centro norte (Hospital, Rivera, Productor Adriano Schiefelbein) y en una siembra tardía su productividad superó a la de los cultivares comerciales tomados como testigos (INIA Olimar en siembra 30 días más temprana e INIA Merín -siembra de inicios de noviembre).

SLI14000 se destacó por su alta productividad en el norte del país, aprovechando las condiciones de alto potencial señaladas (siembra temprana, retorno sobre pradera con buena dotación de especies leguminosas), aunque su desarrollo foliar y altura fueron algo excesivos al constatarse la incidencia de vuelco, posible debido a la alta nutrición y condiciones de baja radiación como se señalara.

CONCLUSIONES

Se valida la utilidad de los cultivares evaluados para los sistemas arroceros del país; en particular, resulta significativo el aporte

de un cultivar con resistencia HR a *Pyricularia* y ciclo intermedio (igual a INIA Olimar) como complemento de siembra a cultivares de muy alto potencial como INIA Merín. Los requerimientos de riego en este cultivar, -en particular en sistemas abastecidos por represas- sugieren la necesidad de un cultivar de ciclo total más breve; así mismo, se mejoraría la operativa de cosecha, sin perder productividad. Por estas características y su resistencia genética a Brusone, el novel cultivar SLI09193 parece constituirse en una opción válida.

Por otra parte, SLI09197, cultivar de ciclo similar (-2 días a floración) a INIA Merín -e igual resistencia a *Pyricularia*-, puede ser una alternativa de alta productividad en condiciones de suelos en las que Merín no logra alcanzar un IAF en el rango óptimo (5-7) debido a problemas asociados al manejo de la siembra o nutricionales. En suelos francos o de mayor contenido de arena ha presentado rendimientos adecuados -10,5 a 11,5 t/ha en ensayos de fajas en Río Branco y Cebollatí- (Pérez de Vida en esta publicación). Su nicho productivo parecería estar asociado a disputar áreas que podrían destinarse a INIA Merín.

El cultivar SLI14000, presentó un comportamiento promisorio, aunque no fue posible realizar su comparación con la variedad El Paso 144, nicho que potencialmente ocuparía en la medida que sigue retrayéndose el área de siembra de la legendaria variedad. Este nuevo cultivar permitiría aprovechar oportunidades comerciales asociadas a aquella, aportando resistencia a *Pyricularia*. Como se apreciara en las validaciones realizadas en Hospital (Rivera) y Tomás Gomensoro (Artigas) y ensayos parcelarios precedentes, la fecha de siembra temprana es -al igual que en su antecesor El Paso 144- una herramienta de importancia en el éxito productivo de este novel cultivar.

BIBLIOGRAFÍA

Pérez de Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas, J. 2016. Cultivar promisorio de alta productividad: SLI09197. Resultados en ensayos de fajas durante 3 zafras. In: Treinta y Tres: INIA. p. 1-3. (Actividades de Difusión; 765).

Pérez de Vida, F.; Carracelas, G.; Vargas, J. 2017. Cultivares Promisorios de alta productividad y resistencia a *Pyricularia*: SLI09197 y SLI14000. In: Treinta y Tres: INIA. p. 5-7. (Serie Técnica; 233).

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. (Serie Técnica; 246).

AGRADECIMIENTOS

A las empresas Coopar, Saman, Dambo integrantes del Consorcio Nacional de Semilleros de Arroz y sus técnicos y productores que permitieron la evaluación a escala semi-comercial de los cultivares promisorios del Programa de Mejoramiento Genético de arroz de INIA.

Se agradece en particular a los productores y técnicos participantes: Adriano Schiefelbein, Alfonzo Gómez Larzábal, Santiago Ferrés, Gastón Canosa, Héctor Cámara, Mauricio Martínez, Leandro Fernández.

16- EVALUACIÓN REGIONAL DE CULTIVARES ÍNDICA

F. Pérez de Vida¹, G. Carracelas²

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Adaptación, Germoplasma élite.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de líneas experimentales (LEs) por parte del programa de mejoramiento genético de arroz (PMGA) de INIA se realiza en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres. De la evaluación pluri-anual surgen los cultivares más destacados que son luego evaluados bajo la modalidad acá presentada. Se prioriza la instalación de estos ensayos en predios comerciales siendo el manejo conducido por los productores –exceptuando las actividades de siembra y cosecha-. En algunos casos se utilizan los campos experimentales de INIA (UEPL, Paso Farías (UEPF) y Tacuarembó (UETbo). Se reportan los resultados de esta zafra pasada para las regiones este y norte/centro-norte del país y el análisis de la serie 2013-2014 a 2018-2019 en aquellos cultivares que presentan al menos dos años en este tipo de evaluación en macroparcels.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la zafra 2018-2019 se evaluaron en total 20 cultivares promisorios en ensayos con macro parcelas en siete localidades (6 en la región este y 1 en centro-norte del país). Dos ensayos adicionales -uno en el Norte, Paso Farías y otro en Rocha, San Pablo de Cebollatí- se dieron por perdidos debido a muy baja implantación. La siembras -en su mayoría realizadas en el mes de octubre- se realizaron con una sembradora Semeato de tipo siembra directa experimental de 9 líneas (a 0,17m) con sistema de distribución de cono rotativo lo que permite la siembra de parcelas de hasta 15 m de longitud y utilizar diseños aleatorizados. El diseño en todos los casos fue bloques completos al azar. La densidad de siembra establecida fue de 120 kg/ha para todos los cultivares, corregidos por peso de 1000 granos y % de germinación. El manejo varió según la localidad y preferencia de los productores en los casos correspondientes. La cosecha de parcelas se realizó con una cosechadora automotriz (marca Foton) en un área de 16 m² en cada parcela.

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

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

Cuadro 1. Localizaciones de ensayos de macro-parcelas (Fajas), fechas de siembra y fertilización nitrogenada.

Productor	Localización	Historia de chacra		Fecha de siembra	Fertilización Urea (mac+prim)	Cultivo principal (rendi)
A. Chagas	Rincón	Retorno 10 años	LVer conv +Glifo+Clom	22-oct	200+70+70	INIA Merín (190 SSL)
F. Gigena	San Francisco, R91	Secuencia Arr-Arr-So-So		11-oct	100+60	El Paso 144 (170 SSL)
Casarone	Río Branco	Arr-descanso	LVerano	20-oct	1009+800	Samba (130SSL)
A. Gómez	Los Arroyitos	Retorno 7 años de descanso	LVer conv s/ pastoreo de invierno	18-oct	100+80	INIA Merín (201 bs SSL)
L. Olivera	Cebollatí	Campo Natural	Glifo +SD	26-oct	150+70	INIA Merín (204 SSL)
UEPL	Paso de la Laguna	Retorno de pradera 3 años	LVer conv s/ pastoreo de invierno	5-nov	80+50	Ensayos varios
UETbo	P. del Barro	Retorno año intermedio		16-oct	160+60	SLI09193 (190SSL) Olimar (168SSL)

RESULTADOS

Cuadro 2. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) c/13% de humedad) y "sano, seco y limpio" (SSL) en ensayos regionales con macroparcels, 2018-2019.

Productor	A Chagas		F Gigena		Casarone		L Olivera		A Gomez		UEPL		UE Tbo
Localización	Rincón TyT		S Francisco, R91 TyT		R.Branco Cerro Largo		Cebollatí, Rocha		Arroyitos Rocha		Paso de la Laguna TyT		Tbo
Cultivar	Rend	SSL	Rend	SSL	Rend	SSL	Rend	SSL	Rend	SSL	Rend	SSL	Rend
SLF11072	12,70	13,15			10,77	11,40							
SLF14159	11,38	11,91					10,14	10,09					
SLI15009							9,66	10,12					
SLI09197	11,77	12,32	10,47	11,10	11,46	12,21	10,45	10,95	12,60	12,80	9,93	10,30	10,57
INIA Merin	12,32	12,96	11,02	11,81	10,39	11,12	8,66	9,24	13,54	14,17	10,41	11,03	9,48
SLI09190	10,27	10,58	10,64	11,30	11,67	12,36	9,99	10,38	13,09	13,44	10,02	10,42	10,03
SLI13208			10,94	10,99	10,52	10,58			13,77	13,64	10,53	10,44	10,57
SLF14055	9,58	10,03	10,83	11,51	7,80	8,20	9,58	9,92	11,45	11,66	10,20	10,61	8,55
SLF14271	10,63	10,87					9,05	9,08					
El Paso 144	10,37	10,79	11,09	11,80	11,09	11,68	7,90	8,29	12,67	13,01	9,31	9,57	9,53
SLI14000	9,17	9,44	10,26	10,79	12,06	12,60	9,40	9,66	10,85	10,97	9,64	9,87	9,05
SLI13635			10,30	10,94					12,04	12,32	9,49	9,82	9,87
SLI15006							8,46	8,76					
SLF11047	--	--	10,45	11,01	10,11	10,56	8,43	8,73	10,67	10,68	9,69	9,97	9,57
SLI09193	--	--	9,79	10,27	10,87	11,44	--	--	10,52	10,48	9,71	10,05	10,04
SLI13198	--	--	10,24	10,73	10,27	10,55			10,45	10,38	8,89	8,81	7,86
SLF14071	11,42	11,67	9,21	9,57	8,60	8,86	7,79	7,99	10,85	10,77	7,95	8,10	7,92
SLF14061	10,42	10,54	8,30	8,60	9,33	9,70	9,73	10,02	9,49	9,49	8,32	8,49	8,97
INIA Olimar	--	--	10,71	11,18	10,65	11,22	--	--	10,62	8,42	9,49	9,73	10,13
SLI13022			9,41	9,80	10,75	11,13			9,53	9,36	9,12	9,31	8,93
Media (CM)	9,17	9,50	10,24	10,76	9,58	10,00	8,62	8,17	10,21	10,36	9,37	9,61	8,95
R ²	0,85	0,86	0,75	0,74	0,63	0,63	0,72	0,76	0,72	0,67	0,59	0,62	0,66
CME	1,32	1,38	0,70	0,76	1,25	1,32	1,03	1,61	1,55	1,93	0,80	0,85	1,29
Obs	51	51	47	47	53	53	51	54	51	51	46	45	46
Cultivar	<,001	<,001	<,001	<,001	0,01	0,01	<,001	<,001	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00
Bloque	0,04	0,05	0,43	0,44	0,01	0,01	0,41	0,02	0,00	0,04	0,05	0,08	0,63
CV%	14,4	14,5	6,9	7,0	13,0	13,2	12,0	19,7	15,2	18,6	8,5	8,8	14,4

Cuadro 3. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) con 13% de humedad) y “sano, seco y limpio” (SSL), en análisis conjunto en Región Este (Productores: Chagas, Gigena, Casarone, Olivera, Gómez, INIA UEPL).

Ranking	Cultivar	Rend t/ha	SSL	Ranking	Cultivar	Rend t/ha	SSL
1	SLF11072	11,71	12,09	11	SLI13635	10,30	10,68
2	SLI15009	11,33	11,91	12	SLI14000	10,35	10,62
3	SLF14159	11,64	11,90	13	SLI15006	10,14	10,54
4	<u>INIA Merín</u>	11,17	11,79	14	SLF11047	9,99	10,27
5	SLI09197	11,23	11,68	15	SLI09193	9,85	10,12
6	SLI09190	11,06	11,48	16	SLI13198	9,70	9,77
7	SLF14055	10,73	11,17	17	SLF14071	9,42	9,56
8	<u>El Paso 144</u>	10,49	10,93	18	SLF14061	9,30	9,47
9	SLI13208	11,06	10,92	19	<u>INIA Olimar</u>	9,14	8,95
10	SLF14271	10,72	10,87	20	SLI13022	8,74	8,84

Resultante de un modelo estadístico que integra cultivares y localización para la región este en la zafra 2018-2019, el ranking de rendimientos ponderado por calidad molinera (SSL) (Cuadro 3) indica que INIA Merín y SLI09197 (11,7-11,8 t/ha) integran el grupo más productivo junto con las LEs SLF11072, SLI15009 y SLF14159. La LE de origen FLAR (SFL11072) se ha destacado en diversas evaluaciones como un cultivar de alta

productividad, aunque con niveles de yesados altos. En esta zafra -de baja incidencia de yeso en general- y serie de ensayos las tres LEs en el tope de ranking duplican el % de yesado de Merín y SLI09197 (datos no mostrados). Este grupo de mayor productividad supera a las variedades comerciales de mayor data; por ejemplo, SLI09197 e INIA Merín superan a El Paso 144 e INIA Olimar en 0,7-1,9 t/ha.

Cuadro 4. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) con 13% de humedad), "sano, seco y limpio" (SSL), porcentaje de granos enteros (%Ent.) y yesados (%Yes) en análisis histórico de ensayos regionales con macro-parcelas en la serie 2013-2014 a 2018-2019. Cultivares con 2 o más años de evaluación.

Cultivar	Rendimiento	BT	% Ent	% Yes
SLI09197	10,88 A	69,4 B	64,6 B C D	5,5 B C
INIA Merín	10,82 A	71,3 A	65,9 A	4,7 C D
SLF11072	10,60 A B	69,7 B	64,2 B C D E	8,2 A
SLI09190	10,38 B C D	69,4 B	64,9 B C	4,6 D E
EP 144	10,15 B C D E	69,4 B	65,0 B	5,9 B
INIA Olimar	10,09 C D E	68,7 C	63,8 D E	3,6 F
SLI09193	9,90 E	68,6 C	64,1 C D E	3,8 E F
SLI14000	9,65 E F	68,8 C	63,3 E	5,0 B C D
SLF11047	9,35 E F	69,8 B	60,4 F	3,9 D E F

En una serie de 6 años de ensayos en fajas, integrando más de 850 observaciones (parcelas) los cultivares más productivos resultan SLI09197, INIA Merín y SLI11072, representando así los genotipos *indica* de mayor potencial en la actualidad del PMGA de INIA (Cuadro 4).

En 2018-2019, las LEs SLF14159, SLI15009, SLF14271, SLF14055 -integradas a dicho análisis histórico (datos no mostrados)- presentan rendimientos similares a Merín y SLI09197. Por otra parte, SLI09193, promisorio cultivar resistente a *Pyricularia* presenta igual potencial de rendimiento que INIA Olimar -ambas con similar ciclo a floración-; así mismo SLI14000, línea experimental resistente a *Pyricularia*, derivada de El Paso 144 mediante retrocruzas, obtiene un rendimiento estadísticamente similar a la tradicional variedad. La calidad molinera de INIA Merín supera en % de blanco total y % de entero a los demás cultivares; mientras que el % de granos yesados es superior en

SLI11072 (Cuadro 2), como se ha reportado anteriormente (Pérez de Vida 2017, 2018), resultando una limitante para el avance de este cultivar en el flujo del PMGA.

CONCLUSIONES

En la zafra 2018-2019 la evaluación regional del material *indica* del programa de mejoramiento genético de INIA muestra que se obtuvo un rendimiento físico medio de 9,75 t/ha, en condiciones de fecha de siembra óptima (octubre) en la mayoría de los casos. Los cultivares de mayor productividad mencionados anteriormente, resultaron también los de mayor ciclo a floración y duración del área foliar (*stay-green*), lo cual es concordante con resultados previos (SLI09197, INIA Merín). Adicionalmente, en la zafra pasada las condiciones de radiación solar disponible favorecieron a cultivares que dado su ciclo mayor "escaparon" un período de restricción en radiación en los primeros 20 días del mes de enero (Pérez de Vida, en esta publicación).

BIBLIOGRAFÍA

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 (UY): INIA, 2018. p. 11-13. (INIA Serie Técnica; 246)

Pérez de Vida, F. 2018. Evaluación final: cultivares *indica* y *japónica* tropical. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2018. Montevideo (UY): INIA, 2018. p. 20-22. (Serie Técnica; 246).

AGRADECIMIENTOS

A los Srs. productores y técnicos que colaboraron con el desarrollo de este trabajo: Alfonso Gómez Larzábal, Alex Chagas (Labrustar), Leonardo Olivera, Federico Gigena, Ramiro Miraballes (Casarone), Marcos Ferrés (San Pablo de Cebollatí), Santiago Ferrés (Excelsior SA).

17- EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES ÍNDICA EN MULTI-AMBIENTES

F. Pérez de Vida¹

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Interacción genotipo* ambiente, Germoplasma élite

INTRODUCCIÓN

La evaluación final de cultivares es la etapa 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. En cada año se realiza la evaluación agronómica, molinera y culinaria en un experimento multi-ambientes. Ésto se materializa con dos ensayos en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres -en fechas de siembra (FS) contrastantes-, así como en las unidades experimentales en Pueblo del Barro, Tacuarembó (UETbó) y Paso Farías, Artigas (UEPF). De esta manera se valora la interacción de genotipo y ambiente, incluyendo las regiones más importantes de producción arroceras en el país.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación comprendió dos ensayos en UEPL, sembrados en dos FS: 21 de octubre y 15 de noviembre de 2018 sobre un retorno de pradera sembrada de 3er año, en un suelo de la Unidad La Charqueada. Al igual que en los demás sitios, la fertilización basal acorde al análisis de suelo- fue de 10 unidades (un.) de nitrógeno (N) y 48 un. P_2O_5 (P) por ha. La nutrición adicionada se completó con 60 un. de N en macollaje (80 kg de urea verde en seco) más primordio (50 kg de urea blanca). El control de malezas se realizó con una mezcla cuádruple (clomazone, quinclorat, propanil y pyrazosulfuron-etil).

En UETbó se sembró el 16 de octubre, en una secuencia “año Intermedio” en un suelo de la Unidad Yaguarí. Se realizó una fertilización basal con N (8 un.), P (38 un.), potasio (K) (98 un.), azufre (S) (3 un.) y zinc (Zn) (25 un.). Se completó la fertilización con N con 102 un. de N (en macollaje y primordio). La aplicación de herbicidas se hizo pre-emergente (glifosato + metsulfurón); glifosato + pyrazosulfuron + picloram; clomazone) y post-emergente (propanil + clomazone; penoxsulam + clomazone).

En UEPF se sembró el 8 de octubre en un suelo de la Unidad Itapebí Tres Arboles, en un retorno de 3er año sin pradera artificial sembrada; con una fertilización basal de N (8 un.), P (38 un.), K (92 un.) y S (3 un.) y fertilización nitrogenada en cobertura de 97 un. de N adicionales (macollaje y primordio). La aplicación de herbicidas se hizo pre-emergente (glifosato + metsulfurón; glifosato + clomazone) y post-emergente (penoxsulam-cyhalofop; metamifop). 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.

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 *índica*: LEs obtenidas en cruzamientos locales como SLI09193, SLI09197, SLI13022, SLI13198, SLI13208, SLI13635, SLI13352A2 (aromática); LEs resistentes a *Pyricularia* derivadas por retrocruzadas de EP144: SLI14000, SLI15011, SLI15098; y LEs seleccionadas de poblaciones FLAR: SLF11047, SLF14055 y SLF14071.

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

RESULTADOS

Cuadro 1. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) con 13% de humedad) y “sano, seco y limpio” (SSL), según A) Ensayo, B) Cultivares y C) Análisis de varianza (ANAVA) para el modelo cultivar, bloque, ensayo e interacción cultivar*ensayo.

A) Ensayo	Rend (SL)		SSL (t/ha)		B) Cultivares	Rend (SL)	SSL (t/ha)
UEPF	9,92	a	10,58	a	SLF14055	10,10	10,90
UETbo	9,53	a	10,00	a	SLI13635	10,08	10,64
UEPL1	8,49	b	8,83	b	INIA Merin	9,79	10,42
UEPL2	8,30	b	8,61	b	SLI09197	9,80	10,29
Media	8,77		9,21		SLI15098	8,69	9,64
C) Análisis de varianza					El Paso 144	9,06	9,63
Cultivar	<,0001		<,0001		SLI13198	9,30	9,53
Bloque [Ensayo]	0,02		0,01		SLI09193	9,02	9,43
Ensayo	<,0001		<,0001		INIA Olimar	9,06	9,40
Ensayo*Cultivar	<,0001		<,0001		SLI15011	8,95	9,40
R ²	0,71		0,78		SLI14000	8,63	9,05
R ² Adj	0,56		0,67		SLI13022	8,84	8,99
Cuadrado Medio Error	939		890		SLI13352A2	8,30	8,85
Observaciones	217		212		SLI13208	8,67	8,72
CV(%)	10,71		9,67		SLF11047	8,32	8,62
					SLF14071	8,35	8,58

El ANAVA indica un efecto muy significativo de los factores Ensayo, Cultivares y su interacción, por lo cual se presentan los resultados (medias corregidas por Mínimos

Cuadrados) de variedades como un ranking de rendimiento medio; aunque su comportamiento relativo fue variable según el ensayo que se considere (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 2. Rendimiento físico (seco y limpio, 13% de humedad) (Rend) y ranking de cultivares según Ensayo (ordenados según el rendimiento SL promedio en todos los ensayos).

Cultivar	UETbó		UEPF		UEPL 1		UEPL 2	
	Rend	Ranking	Rend	Ranking	Rend	Ranking	Rend	Ranking
SLF14055	10,96	3	9,73	11	9,54	2	10,17	1
SLI13635	11,80	1	10,25	7	9,41	3	8,86	5
SLI09197	9,91	6	12,10	1	8,67	5	8,50	9
INIA Merin	9,84	7	11,42	2	9,76	1	8,16	10
SLI13198	11,48	2	8,50	14	8,14	13	9,07	3
INIA Olimar	10,51	4	8,28	15	8,45	10	9,00	4
El Paso 144	10,39	5	10,51	5	7,80	14	7,53	12
SLI09193	7,10	16	10,87	3	9,26	4	8,86	6
SLI15011	9,05	12	10,76	4	8,52	7	7,47	13
SLI13022	8,41	14	9,29	13	8,36	11	9,31	2
SLI15098	8,43	13	10,17	8	8,46	9	7,71	11
SLI13208	7,82	15	9,50	12	8,66	6	8,69	7
SLI14000	9,21	9	9,77	10	8,50	8	7,05	15
SLF14071	9,09	11	10,44	6	7,28	15	6,57	16
SLF11047	9,27	8	9,97	9	6,75	16	7,29	14
SLI13352A2	9,18	10	7,21	16	8,27	12	8,56	8

Cuadro 3. Coeficientes de correlación entre rankings de diferentes ensayos

	UEPF			
UEPF				
UETbo	-0,0971			
UEPL1	0,3794	0,0588		
UEPL2	-0,4441	0,2618	0,3559	

Los rendimientos fueron superiores en los ensayos del Centro y Norte del país, lo que contrasta con los resultados comerciales a nivel nacional en la zafra 2018-2019 (Molina y Terra, 2019); las condiciones ambientales en dichas regiones fueron menos propicias para el rendimiento, dado la importante reducción en radiación disponible en el mes de enero principalmente.

Sin embargo, el rendimiento fue inferior en UEPL. En UEPL1 la fecha de siembra algo más tardía podría haber incidido, así como un total de fertilización nitrogenada menor. Por otra parte, en UEPL2 la casi ausencia de estrés de bajas temperaturas permitió la expresión de rendimientos relativamente altos para la fecha de siembra (mediados de noviembre).

En UEPF los cultivares más productivos fueron INIA Merín y SLI09197, seguidos por SLI09193, EP144 y SLI15011; mientras que en UETbó lo fueron SLI13635, SLI13198, SLF14055, INIA Olimar y EP144. El coeficiente de correlación entre los rankings en ambos sitios fue muy bajo ($r=-0,0971$) indicando una variación importante en el ordenamiento de los cultivares.

En UEPL, la diferencia en rendimiento medio entre ambos ensayos (1 y 2) no fue significativa, sin embargo, el ranking varió lo suficiente al punto que la interacción cultivar*ensayo fue significativa. El coeficiente $r=0,356$ fue mayor que en el caso anterior. SLF14055 y SLI13635 se destacaron en ambos ensayos, a pesar de las diferencias de fechas de siembra y sus ciclos largos (datos no mostrados). INIA Merín fue el cultivar más productivo en la fecha de siembra óptima. El ranking de rendimiento en UEPL1 se correlacionó mayormente con UEPF ($r=0,3794$) que con los obtenidos en UETbó ($r=0,0588$).

CONCLUSIONES

Los rendimientos de SLF14055 y SLI13635 son muy destacables, ubicándose en el tope del ranking en 3 de los 4 ensayos realizados (posiciones 1-2-3 y 1-3-5, respectivamente) y +10% de que los testigos EL144 e INIA Olimar. Estos cultivares presentan ciclos a floración largo (similar a INIA Merín) en SLF14055 e intermedio-largo en SLI13635

(similar a EP144) y ambos son altamente resistentes a *Pyricularia* (HR) (datos no mostrados).

SLI09197, línea promisorio en etapa de validación superó a dichos testigos en aprox. 7% en SSL, mientras que en 3 de los 4 ensayos rindió más que INIA Merín.

INIA Merín presentó un alto rendimiento en UEPL1 y UEPF (1ero y 2do en el ranking, respectivamente), superando a los testigos EP144 e INIA Olimar en más de 1 t/ha, como ocurriera también en todas las regiones de producción a nivel comercial (+20 bolsas/ha).

BIBLIOGRAFÍA

Molina, F, Terra, J. 2019. Estadísticas y resumen de la zafra 2018-19, base de datos de empresas arroceras. Taller Análisis de Zafra 2018/19 INIA Treinta y Tres.

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 (UY): INIA, 2018. p. 11-13. (INIA Serie Técnica; 246)

Pérez de Vida, F. 2018. Evaluación final: cultivares *índica* y *japónica* tropical. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2018. Montevideo: INIA, 2018. p. 20-22. (Serie Técnica; 246).

18- EVALUACIÓN FINAL DE CULTIVARES ÍNDICA EN FECHAS DE SIEMBRA

F. Pérez de Vida¹

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Fecha de siembra, Calidad molinera.

INTRODUCCIÓN

En el proyecto de mejoramiento genético de INIA durante la zafra 2018/19 se evaluaron aprox. 660 Líneas Experimentales (LEs) del subtipo *índica*, entre las cuales 16 se encuentran en evaluación final (EvF). Este selecto grupo de cultivares llega a este estadio luego de 3-4 años de ensayos en la Unidad Experimental Paso de la Laguna (UEPL), Treinta y Tres. En EvF se realiza la valoración productiva, agronómica, sanitaria, molinera y culinaria en -típicamente- dos ensayos en fechas de siembra (FS) contrastantes. De esta manera se evalúa la interacción de genotipos y ambiente -definido éste como las condiciones climáticas resultantes en el sitio-. La localización de UEPL (33°S 54°O) está centralmente ubicada en la región este del país (donde se contabiliza el 70% del área de cultivo).

MATERIALES Y MÉTODOS

La EvF comprendió dos ensayos en UEPL, sembrados el 21 de octubre (UEPL1) y 15 de noviembre (UEPL2) de 2018 sobre un retorno de pradera artificial sembrada de 3er año, en un suelo de la Unidad La Charqueada. La fertilización basal se realizó acorde al análisis de suelo y fue de 10 unidades (un.) de nitrógeno (N) y 48 un. P₂O₅ (P) por ha. La fertilización se completó con 60 un. de N en macollaje (80 kg de urea verde en seco, 37 un.) y en primordio (50 kg de urea blanca, 23 un.) siguiendo lo indicado por Fertiliz-Arr. El control de malezas se realizó con una mezcla cuádruple (clomazone (0,75l/ha), quinclorat (1,25 l/ha), propanil (2,5 l/ha) y pyrazosulfuron-

etil (45g/ha). En UEPL2 se utilizó la misma mezcla de tanque, pero con clomazone a 0,6 l/ha y propanil a 1l/ha. La inundación se realizó de modo definitivo (no se realizaron baños pro-emergencia) en fechas 27 de noviembre y 13 de diciembre respectivamente para UEPL1 y UEPL2. Las áreas de primordio se aplicaron por su orden el 21 de diciembre y 8 de enero. Los cultivares testigos fueron las variedades INIA de mayor uso a nivel comercial actualmente, El Paso 144 (EP144), INIA Olimar (Olimar), e INIA Merín (Merín). En este reporte se presentan los resultados de las líneas experimentales (LEs) élites del subtipo Indica: LEs obtenidas en cruzamientos locales como SLI09193, SLI09197, SLI13022, SLI13198, SLI13208, SLI13635, SLI13352A2 (aromática); LEs derivadas por retrocruzas de EP144 resistentes a *Pyricularia*: SLI14000, SLI15011, SLI15098; y LEs seleccionadas de poblaciones FLAR: SLF11047, SLF14055 y SLF14071.

RESULTADOS

En UEPL1 la fecha de 50% de floración (c50f) resultó entre el 28 de enero (cultivares de ciclo corto -por ej. Olimar, 95 días a c50f-) a 7 de febrero (ciclos largos -por ej. Merín, 106 días a c50f-) (Cuadro 3); mientras que en UEPL2 fueron desde el 17 a 27 de febrero (Olimar -95 días- y Merín -104 días-, respectivamente). El c50f fue aproximadamente 1 semana más largo en UEPL1 respecto a UEPL2. La radiación promedio recibida durante el período +20 días post-c50f fue en UEPL1 5% superior respecto a igual momento en UEPL2. La productividad media no se diferenció significativamente entre ensayos, con valores máximos de 9,76 t/ha (Merín) y 10,17 t/ha (SLF14055) en UEPL1 y UEPL2, respectivamente. Sin embargo, la

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

interacción genotipo*ensayo fue significativa. Cultivares de ciclos más breves (Olimar, SLI13022, SLI13198) obtuvieron mayores rendimientos en UEPL2 (9,3-9,0 t/ha) que en UEPL1 (8,4-8,1 t/ha), posiblemente asociado a 5-7% más radiación incidente en pre y post c50f. Lo opuesto ocurre con Merín que obtiene mayor rendimiento en UEPL1 (9,7 vs 8,1 t/ha) (Cuadros 1 y 2).

Los cultivares SLF14055 y SLI13635 -de ciclo largo e intermedio, respectivamente- resultan productivos y estables, así como se destacaron en EvF en Paso Farías y Tacuarembó (Pérez de Vida, en esta publicación). En UEPL1, SLI09197 no expresó su potencial acorde a sus antecedentes, presentando aprox. 1 t/ha menos que Merín (Pérez de Vida *et al.*, 2018)

Cuadro 1. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) c/13% de humedad) y "sano, seco y limpio" (SSL), Porcentaje de blanco total (BT), de granos enteros (Ent), de granos yesados (Yes) y medidas de largo y ancho y su relación (largo/ancho, L/A) en UEPL1 (primera fecha de siembra en evaluación final en UEPL).

UEPL1 Cultivar	Rend (kg/ha)	SSL (kg/ha)	BT %	Ent %	Yes %	Largo (mm)	Ancho (mm)	L/A
INIA Merin	9757	10148	73,4	67,8	2,3	7,00	2,17	3,22
SLF14055	9540	10125	72,6	68,7	0,6	7,13	2,16	3,30
SLI13635	9409	9997	72,9	68,7	3,0	7,03	2,21	3,18
SLI09193	9262	9639	70,7	66,6	0,7	7,16	2,11	3,40
SLI09197	8670	9076	71,4	67,1	0,4	7,06	2,16	3,27
SLI15011	8522	8982	71,4	68,3	2,0	6,93	2,19	3,17
SLI14000	8504	8857	71,8	65,4	1,8	6,80	2,26	3,01
SLI13352A2	8272	8855	72,8	70,7	0,0	6,89	2,20	3,14
SLI15098	8455	8792	72,2	65,0	2,0	6,77	2,27	2,98
SLI13208	8661	8751	69,3	61,8	0,4	7,07	2,05	3,44
INIA Olimar	8446	8716	70,4	67,6	0,7	7,23	2,09	3,47
SLI13198	8142	8427	70,1	66,1	0,5	7,10	2,09	3,39
SLI13022	8360	8371	71,7	62,9	0,4	7,14	2,10	3,40
El Paso 144	7799	8238	71,5	69,2	1,5	6,92	2,21	3,13
SLF14071	7281	7361	72,0	59,7	0,8	7,00	2,08	3,36
SLF11047	6752	6913	72,1	62,2	0,7	7,02	2,08	3,37
Medias	8398	8782	71,7	66,4	1,2	7,0	2,1	3,3
Cultivar	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	0,6	<,0001
Bloque	0,1	0,1	0,8	0,7	0,4	0,2		0,8
R ² Ajustado	0,5	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	0,9	0,9
CME	731,3	803,2	0,6	2,9	0,4	0,1	0,0	0,1
Observaciones	63,0	62,0	60,0	61,0	61,0	61,0	61,0	61,0
CV%	8,7	9,1	0,9	4,3	36,9	1,2	0,7	1,7

Cuadro 2. Rendimiento físico (seco y limpio (SL) c/13% de humedad) y “sano, seco y limpio” (SSL), porcentaje de blanco total (BT), de granos enteros (Ent), de granos yesados (Yes), y medidas de largo y ancho y su relación (largo/ancho, L/A) en UEPL2 (segunda fecha de siembra en evaluación final en UEPL).

UEPL2 Cultivar	Rend (kg/ha)	SSL (kg/ha)	BT %	Ent %	Yes %	Largo (mm)	Ancho (mm)	L/A
SLF14055	10174	10709	72,8	65,9	1,8	7,17	2,15	3,34
SLI13022	9311	9604	71,9	62,4	1,5	7,26	2,03	3,57
INIA Olimar	8999	9317	72,0	63,3	2,8	7,16	2,06	3,47
SLI13635	8861	9307	72,6	65,5	3,9	7,12	2,14	3,32
SLI13198	9075	9278	70,0	62,5	1,7	7,31	2,04	3,58
SLI09193	8855	9188	71,4	64,3	1,8	7,23	2,07	3,50
SLI13352A2	8558	9096	73,3	67,3	0,3	6,98	2,14	3,26
SLI09197	8501	8997	73,0	66,8	1,3	7,14	2,06	3,47
INIA Merin	8160	8803	74,5	69,5	1,6	7,16	2,11	3,39
SLI13208	8692	8744	71,6	57,4	1,0	7,24	2,00	3,62
SLI15098	7708	7915	71,0	62,2	4,7	6,99	2,16	3,23
El Paso 144	7531	7862	71,3	65,5	2,8	7,01	2,16	3,24
SLI15011	7467	7717	71,2	63,6	3,4	7,03	2,11	3,33
SLF11047	7291	7437	72,7	58,1	2,0	7,18	2,08	3,45
SLI14000	7052	7218	71,0	61,6	4,3	6,99	2,16	3,23
SLF14071	6567	6647	72,3	57,9	1,5	7,23	2,04	3,55
Mean of Response	8171	8469	71,6	63,4	2,2	7,1	2,1	3,4
Cultivar	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Bloque	0,1	0,1	0,3	0,8	0,1	0,5	0,6	0,5
R ² Ajustado	0,8	0,9	0,5	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
CME	392,3	423,6	1,0	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0
Observaciones	63,0	63,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0	64,0
CV%	4,8	5,0	1,3	3,1	33,0	0,7	0,8	1,3

Cuadro 3. Reacción a *Pyricularia* (Pyri), *Sclerotium* (Scl), *Rhizocotonia* sp (Rhiz), días a 50% de floración (c50f), componentes de rendimiento: panículas/m² (pan/m²), granos/panoja, % de esterilidad (Est) y peso de 1000 granos (p1000) en UEPL1 y 2. (*= reacción foliar a *Pyricularia* en cama de infección; **1=UEPL1, 2=UEPL2)

Cultivar	Pyri		Scl		Rhiz		c50f		Pan/m ²		granos/pan		% Est		p1000	
	*	1**	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
El Paso 144	8	4,3	4	0,4	2	104	99	563	540	151	178	16,2	38,5	27,3	27,2	
INIA Merin	0	1,5	3	1,9	0	106	104	592	634	173	174	11,0	31,1	27,1	26,2	
INIA Olimar	8	2,5	2	2,4	2	95	95	551	511	149	165	9,1	26,5	28,7	27,9	
SLF11047	0	2,3	2	1,2	1	100	100	449	460	190	164	23,4	22,3	26,7	27,1	
SLF14055	0	1,8	2	1,7	1	106	100	632	624	149	164	12,6	21,1	27,4	26,3	
SLF14071	0	2,3	2	0,7	1	105	101	701	651	148	163	22,0	20,8	28,2	26,9	
SLI09193	0	2,5	4	1,7	3	97	96	551	482	167	162	11,3	19,5	28,5	27,5	
SLI09197	0	2,3	4	1,4	2	102	103	530	532	145	158	18,1	19,3	28,0	25,4	
SLI13022	0	1,5	3	0,7	2	96	96	571	520	132	154	11,2	18,7	28,5	27,7	
SLI13198	0	2,0	3	0,4	3	96	93	561	536	133	153	5,0	16,6	28,9	28,1	
SLI13208	0	2,3	2	1,9	1	100	100	626	593	135	147	11,2	16,1	28,2	26,8	
SLI13352A2	0	1,8	2	-0,1	1	105	100	649	601	143	145	11,6	15,8	26,0	25,5	
SLI13635	0	2,8	3	0,3	2	103	98	567	528	156	141	11,1	12,7	28,4	27,5	
SLI14000	0	4,0	4	0,9	2	105	101	571	503	171	141	21,1	11,6	28,2	27,5	
SLI15011	0	3,5	4	0,2	2	104	100	565	518	163	140	15,5	10,6	27,2	27,0	
SLI15098	0	3,0	3	0,7	1	104	101	546	584	148	137	18,0	5,7	28,5	27,6	
Medias		2,8	3,5	1,6	1,4	102	99	603	595	126	147	16,1	22,0	27,9	26,1	

La implantación fue óptima, así como el desarrollo de la canopia en ambos ensayos, alcanzándose un número de pan/m² no limitante para altos rendimientos. El número de granos por panojas fue superior en UEPL2; sin embargo, el porcentaje de esterilidad fue en general también mayor -con excepciones como SLI13635 y las LEs hermanas SLI14000, SLI15011 y SLI15098 -con ocurrencia de temperaturas mínimas (n= 6-8 días <15°C) y radiación post c50f declinante (datos no mostrados)-; acorde con lo cual el P1000 fue mayor en UEPL1.

Por otra parte, el conjunto de nuevas LEs incluídas en EvF presentaron reacción de alta resistencia (HR) en hojas evaluadas en condiciones de cama de infección (Martínez y Escalante, com. pers, 2019) (Cuadro 3).

CONCLUSIONES

Los rendimientos de las LEs SLF14055, SLI13635 y SLI09193 fueron estadísticamente similares a INIA Merín en UEPL1; mientras que en UEPL2 la primera mencionada superó en 2 t/ha a la novel variedad comercial. Como se mencionara en esta publicación (Pérez de Vida, F.) su comportamiento fue destacado también en Tacuarembó (+1 t/ha respecto a Merín). La calidad molinera -influenciada por un marcado efecto año- fue excelente en todos los cultivares resultando en +0,4 t/ha de beneficio en ambas FS. En particular, el porcentaje de yesado resultó por debajo de 6% en todos los casos, mientras que el porcentaje de entero -con una sola excepción- fue superior a 58%.

BIBLIOGRAFÍA

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 (UY): INIA, 2018. p. 11-13. (INIA Serie Técnica; 246)

Pérez de Vida, F. 2018. Evaluación final: cultivares *indica* y *japónica* tropical. In: Zorrilla, G.; Martínez, S.; Terra, J. A. Saravia, H. (Eds.) Arroz 2018. Montevideo (UY): INIA, 2018. p. 20-22. (Serie Técnica; 246).

19- NUEVOS CULTIVARES CLEARFIELD®

F. Molina⁴¹, P. Blanco², K. Loaiza De la Pava³, M. Villalba⁴, J. Vargas⁵, S Martínez⁶,
F Escalante⁷, F Pérez⁸

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Calidad culinaria, Resistencia.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cultivares de arroz Clearfield®, resistentes a la familia de herbicidas imidazolinonas, ha sido una de las líneas de investigación que se priorizó en el nuevo proyecto de mejoramiento. INIA cuenta, desde hace varios años, con dos cultivares CL en el mercado, CL 244 y CL 212. Las mismas poseen el gen de resistencia pertenecientes a Louisiana State University (LSU). CL 244, de ciclo corto, muy buena calidad culinaria y susceptible a *Pyricularia*, se ha plantado básicamente en Rocha con buenos resultados productivos. CL 212 es un cultivar muy similar a CL 244, con ciclo 3 días más largo, resistente a *Pyricularia*, sin embargo, el porcentaje de yeso es más dependiente de las condiciones ambientales y en ocasiones superó el 6%.

El objetivo del programa ha sido lograr un cultivar Clearfield® que supere algunas de las limitantes de CL 244, CL 212 y Guri INTA CL. En este sentido, en los últimos años se ha acelerado el programa, realizando dos generaciones por año en todo el material CL, reduciendo el tiempo de desarrollo de los cultivares a la mitad. Paralelamente, dentro de la evaluación de material, se han incluido pruebas culinarias de forma de liberar cultivares que agronómicamente sean destacados, pero sin perder de vista los aspectos comerciales. Específicamente los nuevos cultivares deberían de ser resistente a *Pyricularia*, igual o superiores en rendimiento en grano a los testigos comerciales y poseer buena calidad molinera y culinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los 3 materiales que se presentan en este artículo provienen de cruzamientos de materiales locales con material introducido. Dichos materiales han sido evaluados en el programa en ensayos localizados en Paso de la Laguna, Treinta y Tres. CL 1202 ya cuenta con dos años de evaluación en la red nacional de cultivares y con dos años de evaluación en fajas regionales. Para el caso de CL 1294 y CL 1304 solamente se cuenta con 3 años de evaluación en Paso de la Laguna. Estos materiales son índicos, pubescentes y provienen de un cruzamiento de CFX18 por IRGA 417 que luego fue retrocruzado, al menos tres veces, con INIA Olimar. El material CL 1202 tiene la misma base genética, aunque también fue cruzada por Guri INTA CL. En esta sección se presenta información resumen de los materiales tanto del comportamiento agronómico como de calidad molinera y química. De forma complementaria se incorporan aspectos de calidad culinaria con relación a los testigos comerciales.

RESULTADOS

Características agronómicas y molineras CL1202: en ensayos en fajas conducidos en cuatro localidades (Cebollatí, Arroyito, Rincón, Rio Branco) en la zafra 2018-2019 no se encontraron diferencias ente cultivares para la variable rendimiento. CL1202 obtuvo rendimientos iguales a INIA Merín con un promedio para todas las localidades por encima de las 10 toneladas (Cuadro 1). En cuanto a calidad molinera el material no presenta problemas y se destaca por tener yeso bajo.

¹ Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz f Molina@inia.org.uy

² M.Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, hasta junio 2018

³ M.Sc., Ing. de Alimentos. FLAR.

⁴ Laboratorista Asistente, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁵ Asistente de Investigación, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁶ Dr, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁷ Téc. Agro., INIA Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

⁸ PhD. INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

En el Cuadro 2 se presenta la información promedio de 5 años evaluados en Paso de la Laguna contra el testigo comercial Guri INTA CL, donde se puede ver que CL 1202 presenta rendimientos similares al testigo

para esta localidad, pero es resistente a *Pyricularia*, presenta menos yeso y un grano más largo. El porte de planta es más alto con mayor vigor y ciclo más largo.

Cuadro 1. Evaluación en fajas de materiales promisorios de INIA 2018-2019

Cultivares	Rend. kg/ha	B Tot. %	Entero %	Yesa. %
El Paso 144	9,97	69,9	66,2	3,7
Merín	10,69	71,8	67,9	2,3
CL1202	10,74	69,7	64,8	2,0
CV(%)	11,8	1,1	2,0	29,8
Prob. Localidad	0,06	0,03	0,00	0,20
Prob. Cultivar	0,25	0,00	0,00	0,00
Prob. LxC	ns	ns	ns	0,15

Cuadro 2. Evaluación avanzada de cultivares, Paso de la Laguna (zafras 2014-2015 – 2018-2019)

Cultivar	Rend. kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl (1)	Rhizo. (1)	Pyri (1) hoja	B Tot. %	Entero %	Yesa	Largo %	Ancho mm	L/A mm
CL 1202	9655	105	94	4,1	3,8	0,0	69,0	61,5	3,2	7,03	2,30	3,06
Gurí INTA CL	9499	103	87	4,6	3,9	5,6	69,7	63,0	4,0	6,71	2,08	3,23

CL1294 y CL1304: en los 3 últimos años se ha evaluado un grupo importante de materiales CL retrocruzados con INIA Olimar. CL1294 y CL1304 son el producto final de dicha evaluación, que cuenta con características interesantes para convertirse en una variedad comercial. Las líneas han muestra-

do buen rendimiento en grano, con mayor o igual potencial a Guri INTA CL, ciclo a floración algo más cortos y buen porte de planta. Paralelamente se destacan en resistencia a *Pyricularia* y yeso considerablemente más bajo que Guri INTA CL, lo que las transforma en potenciales cultivares (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación avanzada de cultivares, Paso de la Laguna (zafras 2016-2017 – 2018-2019)

N°	Cultivar	Rend. kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl -1	Rhizo. -1	Pyri (1) hoja	B Tot. %	Entero %	Yesa. %
17	CL 1294	10160	102	88	5	2	0	68,7	63,5	2,9
21	CL 1304	9404	100	90	4	1	0	68,4	60,3	2,6
25	Gurí INTA CL	9615	104	87	5	2	4	69,5	62,3	5,3

Calidad Culinaria

De forma complementaria a la evaluación tradicional se determinó el perfil de viscosidad, el porcentaje de amilosa y la dispersión en álcali. Estos parámetros se muestran en los cuadros 4 y 5 al igual que los atributos de coc-

ción. Como se desprende de los análisis el perfil de viscosidad por si solo es una guía de como cocinaría el cultivar. Los nuevos materiales en términos de cocción son muy similares a INIA Olimar o Guri INTA CL los cuales se usaron como testigos comerciales.

Cuadro 4. Perfil de viscosidad de harina de arroz (RVA) y descripción asociada al perfil

Perfil de viscosidad							
Identificación	Breakdown		Setback		Final viscosidad		Descripción del perfil de viscosidad
CL 1294	461	Bajo	1566	Intermedio	4405	Alto	Se asocia a un perfil de viscosidad de grano que son sueltos en su mayoría, y de textura consistente.
CL 1304	511	Bajo	1566	Intermedio	4457	Alto	Se asocia a un perfil de viscosidad de grano que son sueltos en su mayoría, y de textura consistente.
Gurí INTA CL	710	Bajo	1831	Alto	4664	Muy alto	Se asocia a un perfil de viscosidad de grano que son sueltos en su mayoría, y de textura consistente a dura.
CL 1202	656	Bajo	1722	Alto	4878	Muy alto	Se asocia a un perfil de viscosidad de grano que son sueltos en su mayoría, y de textura consistente a dura.
Tacuarí	951	Intermedio	626	Intermedio	3339	Intermedio	Se asocia a un perfil de viscosidad de granos con agregados entre seis o más granos, y de textura blanda y húmeda.
Irga 417	750	Bajo	2487	Alto	5630	Muy alto	Se asocia a un perfil de viscosidad de grano que son sueltos en su mayoría, y de textura consistente a dura.

Análisis realizado en FLAR

Cuadro 5. Evaluación sensorial y química de líneas CL y testigos comerciales (*Análisis realizado en FLAR)

Cultivar	Soltura	Textura	% Amilosa*	T. G *
El Paso 144	2,0	4,0		
INIA Olimar	3,0	4,0		
INIA Tacuarí	2,0	2,0	27,3	Alta
INIA Merín	1,5	3,0	29,8	Baja
CL 1202	2,0	3,5	31,0	Baja
CL 1294	3,0	4,0	29,6	Baja
CL 1304	3,0	4,0	29,7	Baja
Gurí INTA CL	2,5	3,0	29,8	Baja

Escala de soltura (visual): 1 Completamente agregado, 4 Sin agregados.

Escala de textura en el paladar: 1 Pegajoso, 2 Blando y húmedo, 3 Blando, 2 Consistente, 1 Duro.

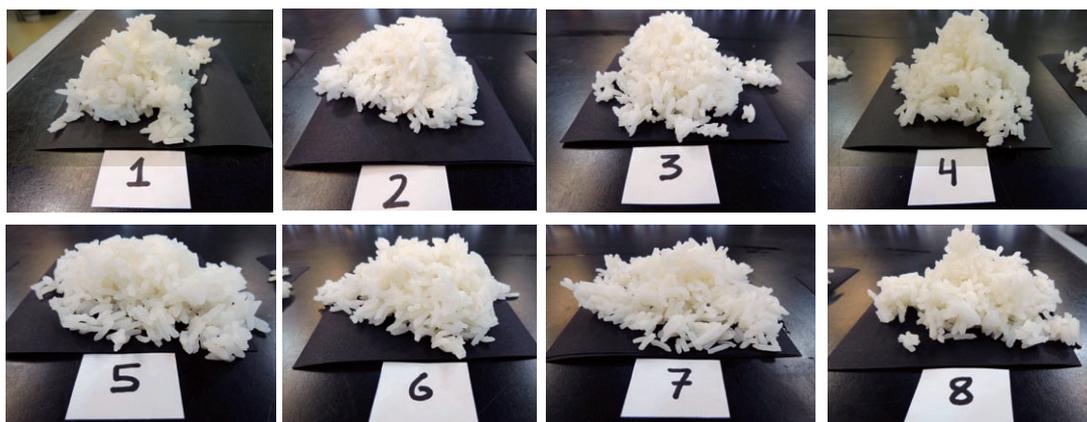


Figura 1. Prueba de cocción de los cultivares del cuadro 5. Tiempo de cocción 14 minutos con 1.7 de agua en volumen, en relación con la cantidad de arroz

CONCLUSIONES

Los nuevos cultivares CL1202, CL1294 y CL1304 se destacan por su productividad, calidad molinera y culinaria. Levantando las limitantes de los cultivares CL244, CL212 y Guri INTA CL por poseer resistencia a *Pyricularia* y bajo yesado. Para la próxima zafra se cuenta con 200 kg de semilla madre de CL 1202. Los cultivares CL1304 y CL1294 entran a purificación para generar semilla madre, pero se cuenta con 50 kg de cada material para evaluarlo en fajas manejadas por los productores.

BIBLIOGRAFÍA

Martínez, C. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. CIAT.

Blanco, P.; Molina, F.; Martínez, S.; Silveira, W.; Vargas, J.; Villalba, M. 2016. Evaluación de cultivares Clearfield®. In: Arroz, Resultados Experimentales 2015-16, INIA Treinta y Tres. p. 3:25-27. (Actividades de Difusión; 765)

Blanco, P.; Pérez de Vida, F.; Molina, F. 2007. Development of Clearfield® rice in Uruguay. In: 4th International Temperate Rice Conference. Novara, Italy. Proceedings. Bocchi S., Ferrero A., Porro A., editors. p. 256-257.

20- EVALUACIÓN AVANZADA DE CULTIVARES CLEARFIELD®

F. Molina¹

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Adaptación, Germoplasma élite.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cultivares de arroz Clearfield®, resistentes a la familia de herbicidas imidazolinonas, se realiza en el marco de un acuerdo de investigación con la empresa BASF. Esta resistencia fue obtenida por métodos convencionales de mejoramiento (mutaciones inducidas), originalmente por Louisiana State University (LSU), por lo que estos materiales no son transgénicos. Más recientemente, una nueva fuente de resistencia fue desarrollada por INTA, en Argentina, de la cual se obtuvo la variedad Puitá INTA CL. La utilización del sistema Clearfield®, combinando variedades resistentes e imidazolinonas, permite incorporar el control químico del arroz rojo, controlando también un amplio espectro de malezas.

En el programa de mejoramiento genético de INIA desde hace varios años se vienen realizando cruzamientos y selección con materiales locales adaptados, con el propósito de mejorar el tipo de grano y las características agronómicas. En este sentido fueron liberados los materiales CL212 y CL244.

En esta sección se presenta la información de los cultivares Clearfield® que se encuentran en etapas avanzadas del proceso de mejoramiento, incluyendo los resultados de la zafra 2018-2019 y el resumen de la información disponible desde el ingreso de los cultivares a evaluación. Los materiales en esta etapa se agruparon en los ensayos E4-1CL, E3-1CL y E3-2CL con cuatro y tres años de evaluación respectivamente. En dicho artículo se presenta solamente información del ensayo E3-2CL.

El objetivo de este ensayo es generar un material con igual o mayor rendimiento que Guri INTA CL (testigo comercial) pero con buena resistencia a *Pyricularia*, calidad física y culinaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos fueron localizados en 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 2018-2019 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 Guri INTA CL, en la respectiva columna de medias. El grupo de materiales que integra el ensayo provienen, en su mayoría, de un cruzamiento de CFX18 por IRGA 417 que luego fue retrocruzado al menos tres veces con INIA Olimar. En teoría estos materiales (mayoría índico) son 87% INIA Olimar, 6.5% CFX18 y 6.5 % IRGA 417.

RESULTADOS

Zafra 2018-2019. El ensayo E3-2CL tuvo un rendimiento promedio de 9,3 t/ha. Se presentan en el cuadro 1 solamente los cultivares que rindieron más que Guri INTA CL. El máximo rendimiento fue alcanzado por la línea CL1202, con 10,5 t/ha, siendo el único cultivar en superar significativamente al testigo Guri INTA CL (Cuadro 1). Solamente

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

un cultivar rindió significativamente menos que el testigo y 13 cultivares estuvieron con rendimientos inferiores a Guri no siendo significativa la diferencia. Dentro del grupo de alto rendimiento, se encuentran varias líneas con susceptibilidad a *Pyricularia* por lo que

serán descartadas. Sin embargo, entre estas hay algunas líneas resistentes con altura de planta y ciclo adecuado. De la misma forma logran valores de entero más que satisfactorios, por encima de 60% y con valores de yeso igual o inferior al testigo.

Cuadro 1. Evaluación avanzada, E3-2CL, 2018-2019. Rendimiento, características agronómicas y calidad molinera en UEPL, para las 13 líneas más productivas y testigos.

N°	Cultivar	Rend kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl (1)	Rhizo. (1)	Pyri (1) hoja	Entero %	Yesa. %				
27	CL 1202	10564	+	109	+	95	+	3,0	0,7	0,0	66,4	2,8	
7	CL 1280	10330		99	-	88		4,3	1,3	0,0	66,6	8,2	+
17	CL 1294	10282		103		89		4,0	1,0	0,0	67,9	1,2	-
24	CL 244	10234		100	-	86		4,0	1,3	5,0	68,0	3,0	
21	CL 1304	10041		99	-	93	+	2,0	0,0	0,0	66,1	1,3	
15	CL 1290	10040		96	-	82		4,3	1,3	7,0	68,8	1,1	-
20	CL 1299	9624		100	-	91	+	4,3	1,0	4,0	66,5	3,6	+
12	CL 1286	9587		104		85		2,7	2,0	4,0	69,7	+	1,4
9	CL 1282	9538		99	-	84		4,7	1,3	7,0	67,5	4,8	+
5	CL 1278	9476		102	-	84		2,7	0,7	5,0	70,0	+	1,1
6	CL 1279	9446		103	-	88		4,3	1,7	6,0	69,6	+	2,9
13	CL 1287	9314		103	-	82		3,3	1,3	4,0	69,0	+	2,6
25	Guri INTA CL	9094		106		85		3,3	0,7	4,0	67,2	2,1	
	Media	9334		104		87		3,5	1,2	0,0	67,8	2,7	
	Prob. Bloq.	0.00		0.25		0.02		0.00	0.32		0.04	0.01	
	Prob. Cult.	0.00		0.00		0.00		0.11	0.88		0.00	0.00	
	CV(%)	9.1		1.7		3.6		35.7	103		1.6	23.2	
	MDS_(0.05)	1388		2.8		5.07		2.07	1.98		1.74	1.02	

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

Comportamiento en las últimas zafras. 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 se cuenta con información de dos años y para las demás variables con tres años. Las líneas CL1202, CL 1294 y CL1280 superan los 10 t/ha en promedio rindiendo entre un

10 y 4% más que el testigo Guri INTA CL. En cuanto a ciclo todos los materiales son intermedios a excepción de CL1202, que es un ciclo largo con 111 días a floración. El porte de planta es adecuado y muy similar al testigo. De las 11 líneas experimentales que se destacan en rendimiento solamente 4 son resistentes a *Pyricularia* (CL1202, CL1294, CL1280 y CL1304).

Cuadro 2. Evaluación avanzada, E3-2CL. Promedios de rendimiento, características agronómicas y calidad molinera (3 años) en Paso de la Laguna, para las 13 líneas experimentales de mayor rendimiento y testigos.

N°	Cultivar	Rend kg/ha	Flor. Días	Altura cm	Scl (1)	Rhizo. (1)	Pyri (1) hoja	Bl. Tot. %	Entero %	Yesado %
27	CL 1202	10564	111	86	4	2	0	68,6	63,4	2,8
17	CL 1294	10160	102	88	5	2	0	68,7	63,5	2,9
7	CL 1280	10020	98	85	5	2	0	69,9	62,8	7,9
24	CL 244	9923	100	84	5	2	5	68,4	63,1	4,8
9	CL 1282	9823	98	82	5	2	5	69,3	63,4	5,8
6	CL 1279	9750	101	81	5	2	5	69,7	65,1	3,8
25	Gurí INTA CL	9615	104	87	5	2	4	69,5	62,3	5,3
20	CL 1299	9570	100	88	5	1	4	68,8	60,9	5,4
5	CL 1278	9564	102	80	4	1	4	69,2	64,8	1,5
12	CL 1286	9539	101	80	4	2	4	69,7	65,6	1,6
15	CL 1290	9504	97	80	5	2	5	68,9	63,6	2,6
21	CL 1304	9404	100	90	4	1	0	68,4	59,9	2,6
13	CL 1287	9381	100	83	4	1	4	69,2	64,4	2,9
	Media	9376	102	84	4	2	3	69,2	63,5	3,6

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

Sin embargo, el material CL 1280 presenta algunos problemas de yeso siendo el material con valores más altos. Esta condición lo

descarta al material CL1280 para pensar en una eventual liberación del cultivar.

CONCLUSIONES

Dentro del grupo de materiales evaluados se destacan CL1202, CL1294 y CL1304, todos materiales de tipo *índica* de buen porte de planta, vigor y rendimiento. Dichos materiales poseen buenas características agronómicas y resistencia a *Pyricularia*. En cuanto a calidad molinera, tanto yeso como entero no presentan problemas. Dentro del programa se va a continuar con estos materiales a una etapa de validación pre comercial. CL 1202 ya fue evaluada en ensayos en fajas por lo que resta pasar a una etapa de pequeñas áreas. Para el caso de CL 1294 y CL 1304 se van a pasar a etapa de evaluación en fajas en diferentes localidades.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, P.; Molina, F.; Martínez, S.; Silveira, W.; Vargas, J.; Villalba, M. 2015. Evaluación de cultivares Clearfield®. In: Arroz-Soja, Resultados Experimentales 2014-15, INIA Treinta y Tres. p. 3:13-15. (Actividades de Difusión; 748)

Blanco, P.; Molina, F.; Martínez, S.; Silveira, W.; Vargas, J.; Villalba, M. 2016. Evaluación de cultivares Clearfield®. In: Arroz, Resultados Experimentales 2015-16, INIA Treinta y Tres. p. 3:25-27. (Actividades de Difusión; 765)

Blanco, P.; Pérez de Vida, F.; Molina, F. 2007. Development of Clearfield® rice in Uruguay. In: International Temperate Rice Conference, 4°. Novara, Italy. Proceedings. Bocchi S., Ferrero A., Porro A., editors. p. 256-257.

21- ANÁLISIS DE INFORMACIÓN AGRONÓMICA EN CULTIVOS COMERCIALES DE ARROZ DE LA EMPRESA SAMAN; CL212 e INOV CL

N. Pérez Bentancour¹, I. Uría Machado¹, F. Pérez de Vida ²

PALABRAS CLAVE: Rendimiento, Adaptación, Germoplasma elite.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo general analizar el comportamiento productivo de dos cultivares Clearfield®: Inov CL (híbrido, RiceTec) y CL212 (variedad, INIA) con relación a factores de manejo, basado en información de 249 cultivos comerciales. Como objetivos específicos, se busca determinar si la productividad comercial de los cultivares en estudio se corresponde con los antecedentes generados a nivel experimental, así como analizar el paquete de manejo agronómico aplicado en cada caso

y su impacto diferencial en el rendimiento, valorando de esta manera la contribución relativa de manejo y genética en la productividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información utilizada fue brindada por la empresa Saman de las zafras 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016. Dicha empresa posee una base de datos de todos sus productores, que contiene un relevamiento del manejo a nivel de chacra, rendimiento final y calidad de grano, realizado por el equipo técnico responsable de cada zona arrocerera del país en sus respectivas plantas industriales de recibo de arroz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación geográfica de datos en estudio y distribución porcentual de cada cultivar por Agencia de SAMAN.

Zonas	Departamento	Seccionales	Agencia	Inov CL (%)	CL 212 (%)
Centro	Tacuarembó	(7a.,13a.,15a.)	Tacuarembó	-	100
Este	Cerro Largo	(3a.,13a.)	Río Branco	71	29
Este	Rocha	(3a.,5a, 6a.)	Lascano	72	28
Este	Treinta y Tres	(2a.,3a.,9a.)	Vergara	74	26
Norte	Artigas	(8a.,5a.)	Gomensoro	42	58
Norte	Salto	(10a.,11a.)	Salto	75	15

¹ Estudiantes de Facultad de Agronomía, UdelaR. Tesis requisito para obtener el título de Ing. Agr.

² PhD, INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz. fperez@inia.org.uy

Las variables registradas en la base de datos son: 1) historia de la chacra (retorno con pradera, rastrojo soja, rastrojo sorgo, retorno sin pradera, rastrojo arroz 1 año, rastrojo arroz 2 años, rastrojo de arroz 3 años); 2) área sembrada (ha); 3) potencial de la chacra (muy alto, alto, medio, bajo); 4) momento del laboreo (laboreo primario, laboreo de verano, laboreo de verano más laboreo pre-siembra); 5) tipo de laboreo (laboreo de disco superficial, profundo, reacondicionamiento de taipas); 6) tratamiento de herbicida pre siembra; 7) método de siembra; 8) densidades de siembra; 9) fecha de inicio y fin de siembra; 10) fecha de emergencia; 11) fertilizaciones basales con NPK y micronutrientes con sus respectivas dosis; 12) fertilizaciones a macollaje, intermedias y a primordio y sus respectivas fuentes con la dosis aplicada; 13) nivel de malezas en el cultivo (excelente, bueno, regular, malo); 14) herbicidas aplicados; 15) presencia de insectos en el cultivo (sin presencia, medio, alto); 16) insecticidas aplicados; 17) fecha de inicio; 18) final de riego; 19) calidad de riego (bueno, intermedio, malo); 20) rendimiento (bolsas/hectárea). En una primera instancia se identifica que variables de manejo tienen más impacto a nivel general en el rendimiento, para posteriormente determinar cómo afectan estas variables específicamente a cada cultivar. Para realizar estos análisis se trabajó con modelos de regresión lineal y cuadrática, prueba t

de Student, análisis multivariados y análisis de clusters.

RESULTADOS

Los antecedentes experimentales de los cultivares analizados indicaban una superioridad productiva del híbrido Inov CL sobre CL212 de 1,86 t/ha (11,07 vs 9,24 t/ha) según reportado por P. Blanco (2016), luego de 7 años de resultados experimentales. A nivel comercial, en las zafas 2015-2016 y 2016-2017 -sobre un 83% del área relevada- el híbrido superó a la variedad en 0,83 y 0,75 t/ha (Taller y grupo de trabajo arroz INIA, 2017). En el presente estudio, sobre un total de 249 chacras relacionadas a la empresa Saman (171 de Inov CL y 78 de CL212) incluidas en los 3 años analizados, InovCL superó significativamente el rendimiento físico de CL212 por 1,08 t/ha (9,21 vs 8,13 t/ha).

El análisis de estabilidad (Eberhart y Russell, 1966) nos permite observar como es el comportamiento productivo de los cultivares en estudio en función de la potencialidad ambiental, con un índice ambiental=0 en 8,87 t/ha y ambientes extremos de +/-1 t/ha. El cultivar Inov CL (rendimiento=9,2 t/ha, b=1,143), con una media general significativamente mayor que CL 212 (rendimiento= 8,2, b=0,85) presenta una mayor respuesta a la mejora en el ambiente productivo (Figura 1).

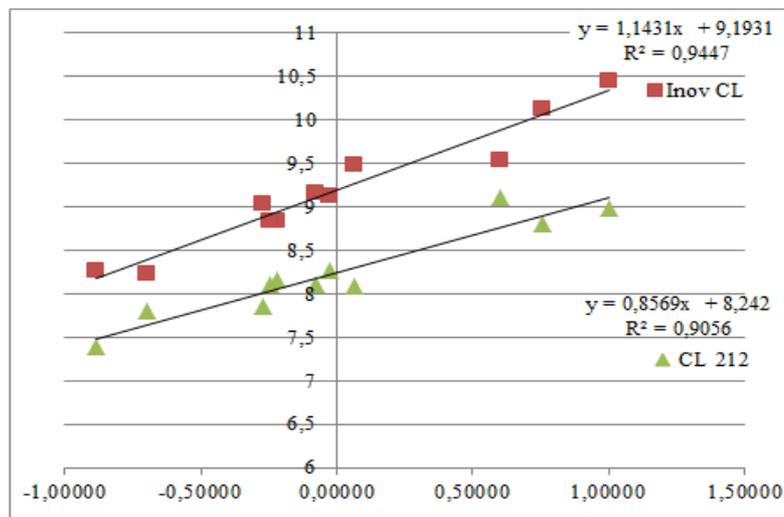


Figura 1. Análisis de estabilidad en Inov CL y CL 212, zafas 2014-2015, 2015-2016.

Sin embargo, considerando las prácticas de manejo empleadas en cada cultivar se identifican diferencias de consideración; el porcentaje de área sembrada fuera de fecha óptima -2da quincena de noviembre y posteriores- fue de 14% en Inov CL y 35% en CL212; la fertilización nitrogenada fue superior en el híbrido en 70 kg/ha de urea (promedio de urea utilizados fueron: 218 kg y 148 kg por ha respectivamente en Inov CL y CL212); en igual orden, el 34% y 27% de las chacras de los cultivares se hicieron sobre rastrojos de soja o retorno con praderas -así como solo CL212 se plantó en rastrojos de 3er año-.

El análisis de casos seleccionados dentro del universo de estudio con manejos similares (siembras sobre retornos con pradera, similar fecha de siembra y total de fertilización nitrogenada) y ambos cultivares resultó que Inov CL superó significativamente ($p=0,047$) a la variedad CL212 en 0,68 t/ha (9,05 vs 8,37 t/ha). En situaciones menos favorables para el cultivo de arroz como "1er año sobre rastrojos de arroz", la diferencia productiva entre ambos cultivares fue estadísticamente no significativa (0,52 t/ha -9,1 vs 8,58, ns-). En el primer caso contrastado, Inov CL fue fertilizado en promedio con 226 kg/ha de urea, mientras que en el segundo se aplicaron 285 kg/ha; se alcanzó así un similar rendimiento incrementando el costo de fertilización. En CL212 el total de urea aplicado fue 187 y 175 kg/ha respectivamente.

Considerando todos los casos de este trabajo y utilizando análisis de regresión múltiple incluyendo las variables de manejo referidas anteriormente con niveles diferenciales entre ambos cultivares, se confirma una significativa superioridad de Inov CL en relación

a CL212 pero de 0,59 t/ha (8,90 vs 8,31, $p=0,05$). Esta diferencia indica una superioridad genética del híbrido sobre la variedad de 7% en condiciones comerciales. Este valor en condiciones experimentales fue de 19,8% de acuerdo con los datos reportados por P. Blanco. La diferencia de manejo y prácticas culturales entre las condiciones experimentales y comerciales (por ej. implantación, homogeneidad de riego, cosecha manual en tiempo, y por ende minimización de desgrane) explicarían los diferentes resultados.

CONCLUSIONES

La diferencia entre la media general de las chacras de ambos cultivares (1,08 t/ha) y la obtenida mediante la regresión de factores de manejo (0,59 t/ha, factor "genética") es un adecuado estimador del impacto del manejo "preferencial" aplicado a Inov CL (0,49 t/ha). En este sentido, la estimación del "vigor híbrido" (en un no-estricto sentido de la diferencia entre el promedio de los padres y su descendencia en F1) expresado por Inov CL con relación a CL212 se puede valorar como 19,8% según la información experimental en microparcelas o 13% en condiciones generales de campo en las que no se considera las prácticas de manejo diferenciales. Sin embargo, este estudio permite lograr una más adecuada estimación de la ventaja genética del híbrido en condiciones comerciales, -asumiendo la similitud de manejos- en 7%.

Considerando solo los costos parciales asociados a la instalación de cultivo (semilla) de ambos cultivares, la anterior diferencia "genética" entre ambos cuestiona la elección de un híbrido que -en condiciones comerciales- no presenta un "vigor híbrido" de mayor cuantía.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco P. 2017. Nuevos cultivares de arroz para el sistema Clearfield® INIA CL 212 e INIA CL 244. (en línea). Revista INIA. no. 51:20-24.

Eberhart, A.; Russell, W. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop Sci. 6: 36-40.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Saman por la disponibilidad de la información relevante hacer este estudio, y la colaboración de su equipo técnico.

22- VALIDACIÓN DE SNP ASOCIADOS A VARIABLES DE INTERÉS EN GERMOPLASMA JAPONICA TROPICAL DE INIA

J. E. Rosas¹, B. Sprunck², W. Iriarte³, I. Rebollo⁴, V. Bonnacarrère⁵, F. Molina⁶, P. Blanco⁷, F. Pérez de Vida⁸

PALABRAS CLAVE: Marcadores moleculares, Mapeo asociativo, Selección asistida.

INTRODUCCIÓN

El programa de mejoramiento genético de arroz de INIA (PMGA) requiere la implementación de selección asistida por marcadores moleculares (MAS) en forma rutinaria para mejorar la eficiencia de la selección y acelerar la ganancia genética. Existen diversas estrategias para identificar marcadores asociados a rasgos de interés que permitan utilizar MAS. Una de ellas es el mapeo asociativo genómico (GWAS por sus siglas en inglés). El PMGA y la Unidad de Biotecnología de INIA ejecutaron el proyecto de mapeo asociativo en arroz (PMAA) estudiando la asociación entre más de 70.000 marcadores de tipo SNP y los principales rasgos cuantitativos de interés para el programa. Se identificaron varios loci asociados a estos rasgos (QTL). Las variables mapeadas fueron tiempo de floración (FT, Rosas *et al.*, 2017), altura de planta (PH, Rosas *et al.*, 2017), yesado (GC, Quero *et al.*, 2018), % de entero (PHR, Quero *et al.*, 2018), blanco total (YAM, Quero *et al.*, 2018) y resistencia a Brusone (LB, Rosas *et al.*, en preparación). Este trabajo busca aplicar esos descubrimientos en la implementación rutinaria de MAS en el PMGA, mediante la validación de los SNP identificados en una nueva población independiente a fin de corroborar los hallazgos del GWAS. El

objetivo de este trabajo fue validar los SNP identificados en estudios de GWAS previos determinando la asociación entre estos SNP y las variables de interés en una población independiente de la población de mapeo y representativa del germoplasma avanzado actual del PMGA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de SNPs a validar. Se seleccionaron los SNPs más significativos (con mayor $-\log_{10}(P)$ y menos datos perdidos) de los QTL con mayor proporción de varianza fenotípica explicada (PVE) encontrados en los análisis de GWAS realizados en el marco del PMAA mencionados en la introducción.

Población de validación. El PMGA seleccionó dos poblaciones (500 *índicas* y 500 *japónica tropical*) independientes de la población utilizada para el mapeo asociativo. Las líneas de tipo *índica* no presentaron la variabilidad genotípica necesaria para realizar la validación. Se trabajó por lo tanto con las 500 líneas de tipo *japónica tropical*.

Genotipado de SNPs. Se sintetizaron cebadores KASP (LGC Genomics) para cada SNP, utilizándolos para genotipar las líneas en un equipo QuantStudio (Applied Biosystems). El llamado de alelos se realizó con el software QuantStudio Design & Analysis (Applied Biosystems).

1 D.Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, jrosas@inia.org.uy.

2 Br., Estudiante Lic. Cs. Biológicas, Fac. de Ciencias UdelaR

3 Br., INIA Unidad de Biotecnología

4 Ing.Agr., Estudiante Ms. Ciencias Agrarias, Fac. de Agronomía UdelaR / becaria INIA

5 D.Sc. INIA Unidad de Biotecnología,

6 Ph.D., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz,

7 M.Sc., INIA. Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz, hasta junio 2018

8 Ph.D., Programa Nacional de Investigación en Producción de Arroz

Datos fenotípicos y estimación de medias fenotípicas. Se consolidaron para su análisis conjunto los datos de ensayos de campo de los años 2003, 2004, 2006 y de 2013 a 2017 de los materiales de tipo *japónica* tropical con datos para las mismas variables mapeadas (FT, PH, GC, PHR, YAM, LB), agregándose además contenido de amilosa (AC). Se predijeron los efectos genotípicos de las líneas (BLUPs) para cada variable fenotípica con el modelo de la ecuación 1:

Ecuación [1]

$$Y_{ijkl} = \mu + L_i + B_{j(k)} + E_k + Z_l + e_{ijkl}$$

donde Y_{ijkl} es la observación de la variable de respuesta para el cultivar i en el bloque j , ensayo k y zafra l ; μ es el efecto fijo de la media general; C_i es el efecto aleatorio del cultivar i ; $B_{j(k)}$ es el efecto aleatorio del bloque j anidado en el ensayo k ; E_k es el efecto aleatorio del ensayo k ; Z_l es el efecto aleatorio de la zafra l , y e_{ijkl} es el efecto residual para el cultivar i , bloque j , ensayo k , y zafra l . Todos los efectos aleatorios se asumieron

independientes e idénticamente distribuidos. Los modelos se ajustaron con la función lmer del paquete lme4 en R.

Análisis de asociación SNP – fenotipo. Se ajustó un modelo de regresión lineal con los BLUPs de las líneas genotipadas como variable de respuesta y los valores genotípicos de cada SNP como variable regresora. Las regresiones se ajustaron con la función lm en R base. Se obtuvo el R^2 de cada regresión como estimador de la proporción de la varianza fenotípica explicada (PVE) por cada SNP, así como el $-\log_{10}(P)$ del coeficiente de regresión como estimador de la asociación SNP-fenotipo.

RESULTADOS

Las distribuciones de las variables fenotípicas para la población de validación se presentan en la figura 1. A excepción de resistencia a Brusone en hoja (LB), todas mostraron una buena adecuada dispersión para la validación.

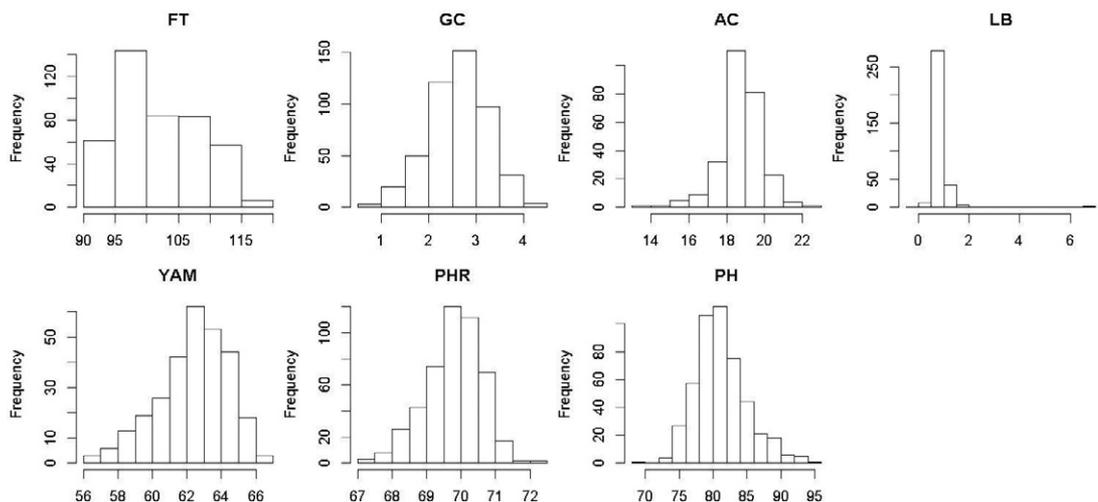


Figura 1. Distribución de valores fenotípicos para las variables a validar. FT: tiempo de floración, GC: yesado, AC: amilosa, LB: brusone en hoja, YAM: entero, PHR: blanco total, PH: altura.

Las regresiones de SNPs seleccionados (sólo se muestran los que tuvieron un R^2 mayor a 0,05) se muestran en la figura 2, detallando el efecto β estimado del SNP, el

R^2 de la regresión, el número de individuos con datos genotípicos y fenotípicos usado para ajustar el modelo, y el $-\log_{10}(P)$ del β estimado.

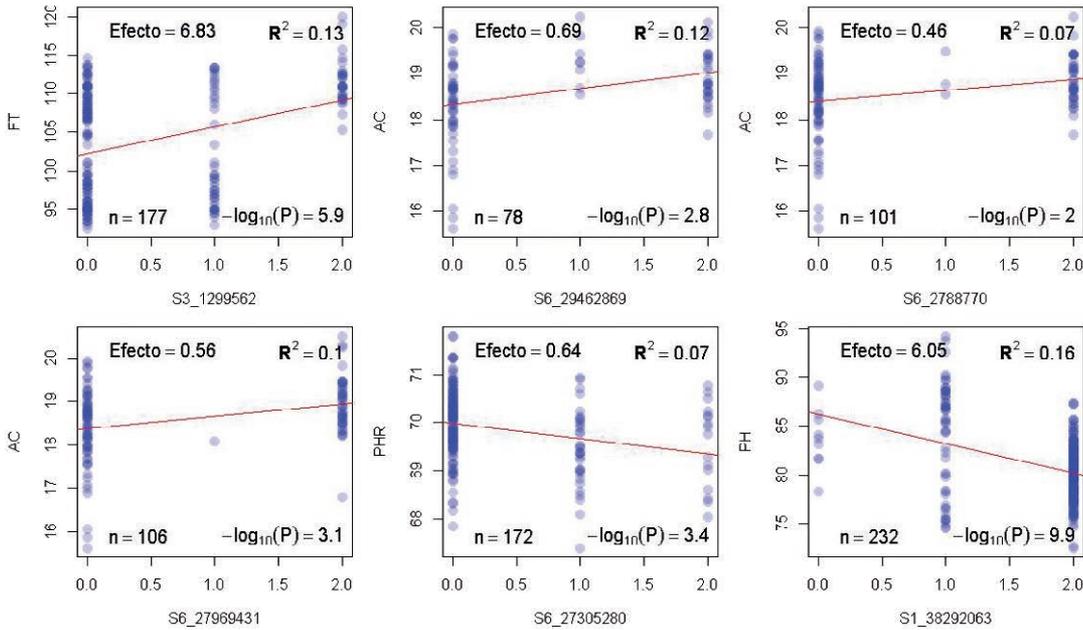


Figura 2. Regresión de las variables fenotípicas de interés (FT= tiempo de floración, AC= contenido de amilosa, PHR= % de entero, PH= altura de planta) en los estados alélicos de los SNP (0= alelo con mayor frecuencia, 1= alelo con menor frecuencia) para las cuales se encontró un PVE mayor a 5%. Para cada SNP se muestra el efecto, el R^2 de la regresión, el número de individuos con datos y el $-\log_{10}$ del P-valor.

En general los SNPs tuvieron baja PVE. Sólo 4 SNP tuvieron PVE mayor a 10 (R^2 mayor a 0,1), para tres variables (FT, AC, y PH). Los 10 SNPs con PVE mayor a 5% se señalan en el cuadro 1. Los efectos de estos SNPs son de buena magnitud, sobre todo considerando que fueron estimados a partir de

BLUPs, lo cual genera un encogimiento en la magnitud de los efectos estimados. Por ejemplo, el SNP S3_1299562 tiene un efecto estimado de una semana en el tiempo de floración, y el S1_38292063 de 6 cm en la altura de planta.

Cuadro 1. Parámetros de validación del SNP seleccionados. Se marcan en negrita los que superan el 5% de PVE, y subrayados los que superan el 10% y tienen un efecto de magnitud relevante desde el punto de vista práctico para el programa de mejoramiento.

Variable	SNP	$-\log_{10}(P)$	PVE	Efecto	n
FT	<u>S3_1299562</u>	<u>5,91</u>	<u>12,60</u>	<u>6,83</u>	<u>177</u>
FT	<u>S3_10096438</u>	<u>2,70</u>	<u>6,00</u>	<u>4,43</u>	<u>158</u>
GC	S6_2140954	0,24	0,20	0,15	189
GC	S6_2145195	0,06	0,00	0,06	180
AC	S6_2140954	0,02	0,00	0,02	100
AC	S6_2145195	1,23	3,50	1,14	102
AC	S6_26898904	0,26	0,40	0,13	102
AC	<u>S6_27365083</u>	<u>2,31</u>	<u>7,50</u>	<u>0,55</u>	<u>104</u>
AC	<u>S6_29462869</u>	<u>2,76</u>	<u>12,20</u>	<u>0,69</u>	<u>78</u>
AC	<u>S6_29480471</u>	<u>2,10</u>	<u>7,00</u>	<u>0,48</u>	<u>100</u>
AC	<u>S6_2788770</u>	<u>2,04</u>	<u>6,70</u>	<u>0,46</u>	<u>101</u>
AC	<u>S6_27969431</u>	<u>3,07</u>	<u>10,20</u>	<u>0,56</u>	<u>106</u>
LB	S9_9786203	0,11	0,10	0,02	75
YAM	S6_26898904	0,38	0,70	0,43	102
YAM	<u>S6_27365083</u>	<u>2,16</u>	<u>6,90</u>	<u>1,17</u>	<u>104</u>
YAM	S6_29462869	0,06	0,00	0,09	78
YAM	S6_29480471	0,01	0,00	0,02	100
YAM	<u>S6_2788770</u>	<u>2,22</u>	<u>7,40</u>	<u>1,20</u>	<u>101</u>
YAM	S6_27969431	1,56	4,60	0,81	106
PHR	S6_26894513	2,17	3,80	0,36	194
PHR	<u>S6_27305280</u>	<u>3,38</u>	<u>7,10</u>	<u>0,64</u>	<u>172</u>
PH	<u>S1_38292063</u>	<u>9,87</u>	<u>16,40</u>	<u>6,05</u>	<u>232</u>

CONCLUSIONES

Se identificaron dos SNP (S3_1299562 y S1_38292063) con altos PVE y efectos en FT y PH que pueden ser utilizados en un set para selección asistida en germoplasma *japónica* tropical de INIA. Si bien FT y PH son variables con alta heredabilidad y de fácil selección fenotípica, estos SNPs tendrían utilidad en un esquema de avance rápido generacional combinado con selección asistida. Es necesario validar los SNP para resistencia a Brusone en una población con variabilidad fenotípica y genotípica adecuada, así como definir una población de tipo *índica* adecuada para la de validación de los SNPs identificados por GWAS y otros SNP reportados en la literatura. La selección de poblaciones de validación se vería facilitada

al disponerse de una base de datos consolidada con información fenotípica, genotípica y de pedigrí del PMGA.

BIBLIOGRAFÍA

- Quero, G., Gutierrez, L., Monteverde.** 2018. Genome-wide association study using historical breeding populations discovers genomic regions involved in high-quality rice. *Plant Genome*, 11, no. 170076. doi: 10.3835/plantgenome2017.08.0076
- Rosas, J.E., Martínez, S., Blanco.** 2017. Resistance to multiple temperate and tropical stem and sheath diseases of rice. *Plant Genome*, 10(1): 1-13. doi:10.3835/plantgenome2017.03.0029

23- ALGUNOS FACTORES QUE EXPLICAN LAS BRECHAS DE RENDIMIENTO DE ARROZ A NIVEL COMERCIAL

M.N. Sanguinetti¹, B. Ferraro², B. Lanfranco³

PALABRAS CLAVE: Variedad, Zona de producción, Rendimiento, Zafra

INTRODUCCIÓN

Bajo el liderazgo de la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) y junto al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) y los molinos integrantes de la Gremial de Molinos Arroceros (GMA), este año dio inicio la ejecución del proyecto “Fortalecimiento de las estrategias de transferencia para reducir las brechas de rendimientos en el sector arrocerero”, con financiamiento del programa Bienes Públicos Sectoriales de la Agencia Nacional de Desarrollo (ANDE).

El componente 1 del proyecto plantea la cuantificación detallada de las brechas de rendimiento entre productores. En particular, se propone:

1. analizar los potenciales de rendimiento y las brechas existentes entre productores de acuerdo con la diferente escala, variedades de arroz y tecnologías disponibles, pudiendo cuantificar el impacto económico y las principales causales de estas brechas.
2. definir el conjunto de tecnologías a aplicar en los campos de los productores participantes y los criterios de ajustes regionales y por distintos públicos objetivo.
3. crear una estructura sectorial interinstitucional de transferencia, para reducir las brechas de rendimiento e incrementar la competitividad de los productores

En este artículo se presentan los resultados de un primer análisis llevado a cabo para

identificar algunos factores (variedad utilizada y localización geográfica del cultivo) que explican los rendimientos de arroz a nivel de chacra. Constituye un primer paso para la definición de potenciales de rendimiento comercial alcanzables, en el marco de un proceso de intensificación sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos utilizados para el análisis provienen de la Comisión Sectorial del Arroz (CSA). Los datos recabados anualmente por la CSA incluyen información del productor (nombre o razón social), variedad sembrada, área cosechada, producción, molino receptor y departamento. Los datos de las cuatro zafras consideradas (2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018) se agruparon en una sola base de datos, agregándose una variable identificadora de la zafra.

Como variable dependiente se tomó el logaritmo natural del rendimiento (en kg/ha), calculado a partir de los datos de área y producción registrados por la CSA. Debido a la inconsistencia de muchos registros, con importantes errores de digitación, se optó por trabajar con observaciones cuyo dato de rendimiento cayera dentro de un rango de rendimientos razonables definido en forma arbitraria. Aunque posibles, rendimientos por debajo de los siete mil kilos podrían considerarse como deprimidos para las condiciones tecnológicas promedio en el país. De la misma forma, rendimientos por encima de los 14.000 serían muy excepcionales. Buscando un balance razonable que permitiera eliminar observaciones con valores atípicos (*outliers*) sin incurrir en

¹ Ec., Gerente General, Asociación de Cultivadores de Arroz. msanguinetti@aca.com.uy

² Cr., Economía Aplicada, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. bferraro@inia.org.uy

³ Ing. Agr., Ph.D., Economía Aplicada, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. blanfranco@inia.org.uy

una pérdida de información demasiado alta, se descartaron las observaciones con rendimientos por debajo de 6.000 o superiores a 15.000 kg/ha.

Como regresoras se incluyeron tres variables cualitativas o categóricas: *zafra*, *variedad* y *zona*. Al utilizarse un modelo de análisis transversal que integra datos de cinco años diferentes es conveniente incluir una variable para controlar el efecto *zafra*. Inicialmente, el análisis incluía también la *zafra* 2013-2014. Debido a que los registros contenían muchos errores, lo que llevaba al descarte de un gran número de observaciones, se optó por trabajar con las cuatro correspondientes a 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018.

El análisis se focalizó exclusivamente en variedades de grano largo. De las 33 variedades plantadas en al menos una *zafra*, se seleccionaron 16, en base al área sembrada. De este número, 8 son variedades comunes (El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí, CH Quebracho, Parao, INIA Merin, INIA Caraguatá y Urumati) y 8 son CL o Clearfield® (Inov CL, Gurí INTA CL, CL 212, CL 244, Titan CL, PL1-PL5, XP118 CL y XP102 CL). Para reducir el número de variables dicótomas, solo se consideraron como categorías individuales El Paso 144, INIA Olimar, INIA Tacuarí, Inov CL y Gurí INTA CL. Las otras 5 variedades comunes se agruparon en la categoría OCV (otras variedades comunes) mientras que las restantes 6 CL se agruparon con el nombre de OCL (otras CL). Con

esto la cantidad de variables dicótomas necesarias para representar la variedad se redujo a 7.

Finalmente, la localización original por departamento de cada observación se redujo a las tres zonas de producción arroceras del país: *Este* (Rocha, Treinta y Tres, Lavalleja y la parte este-noreste de Cerro Largo perteneciente a dicha cuenca), *Centro* (oeste y noroeste de Cerro Largo, Tacuarembó y Rivera) y *Norte* (Artigas, Salto y norte de Paysandú). Tras la eliminación de observaciones atípicas y la confección de las variables categóricas, el número definitivo de observaciones quedó definido como $N = 3.126$. En el cuadro 1 se informa acerca de algunas características descriptivas de los datos analizados.

El análisis empírico de los datos se realizó utilizando un modelo semi-logarítmico en el cual, la variable dependiente, cuantitativa y continua, se incluye mediante su transformación logarítmica, en tanto que las variables independientes son cualitativas y multicategóricas. Cuando una variable cualitativa admite solo dos categorías se denomina binaria o dicótoma. Expresa la presencia (1) o ausencia (0) del factor de interés y se incluye directamente en el modelo. Cuando el número de categorías es superior a dos, se necesita igual número de variables dicótomas. Las variables dicótomas (cualitativas) pueden utilizarse como variables independientes en los modelos de regresión, en las mismas condiciones en que se usan las cuantitativas.

Cuadro 1. Características de la base de datos analizada.

Zafra	Obs.	Total		Zona					
				Este		Centro		Norte	
		Área	Rend.	Área	Rend.	Área	Rend.	Área	Rend.
		ha	kg/ha	ha	kg/ha	ha	kg/ha	ha	kg/ha
2014-2015	763	143.432	8.606	89.976	8.754	20.616	8.162	32.840	8.618
2015-2016	706	140.964	8.420	96.245	8.702	17.609	7.951	27.110	7.809
2016-2017	855	154.705	8.621	100.104	8.665	21.252	8.489	33.349	8.592
2017-2018	802	136.725	8.337	88.121	8.385	18.800	8.128	29.804	8.396
Total	3.126	575.826	8.499	374.446	8.624	78.277	8.194	123.103	8.381

Un modelo cuyas variables explicativas son exclusivamente dicótomas, constituye una forma general de los llamados modelos de análisis de varianza (ANOVA).

Los modelos ANOVA se utilizan para medir la significancia estadística de la relación entre una variable dependiente (regresada) cuantitativa y un número de variables independientes (regresoras) cualitativas representadas, cada una de ellas, por dos o más variables binarias o dicótomas. Con la inclusión de un coeficiente de intersección, se debe descartar una variable dicótoma de cada uno de los factores incluidos en el modelo (*zafra*, *variedad* y *zona*). Esto evita un problema conocido como colinealidad perfecta o multicolinealidad. En ese caso, las variables regresoras ya no son independientes y el modelo no se puede estimar. Resuelto este problema, el modelo se estima mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

RESULTADOS

Los resultados de la estimación se observan en el Cuadro 2. La primera columna lista las variables independientes incluidas en forma explícita. La variable de base representa la

situación del cultivo de arroz en la zona este, sembrado con la variedad El Paso 144 en la zafra 2014-2015, siendo justamente las categorías representadas por las variables dicótomas omitidas en modelo empírico. De la segunda a la quinta columna, 2 a la 5 inclusive, se presentan los resultados de la estimación (coeficiente estimado, error estándar, valor del estadístico t, valor de probabilidad y significancia estadística).

Aparte del intercepto, las únicas diferencias significativas se observaron para las zafras 2015-2016 y 2017-2018 (rendimientos menores en comparación con 2014-2015), el uso de INIA Olimar, Inov CL o de las restantes variedades comunes (no CL), con rendimiento promedio menor a El Paso 144 para la primera y superior en los dos casos restantes, así como los rendimientos de la zona centro, significativamente por debajo de la zona este. Dicho de otro modo, el efecto año de la zafra 2016-2017 no mostró diferencias significativas frente a la 2014-2015. Ni INIA Tacuarí, ni Gurí INTA CL, ni las restantes variedades CL mostraron superioridad a El Paso 144, mientras que los rendimientos de la zona norte no mostraron diferencias estadísticas frente a la zona este.

Cuadro 2. Resultados del modelo de regresión ANOVA.

Variables Independientes	Coefficiente estimado	Error estándar	Estadístico t	Valor-p y significancia	Variación porcentual	Mediana rendimiento
Intercepto ⁽¹⁾	9,0521	0,0067	1358,12	0,000**	---	8.536
Zafra 2015-2016	-0,0285	0,0078	-3,6584	0,000**	-2,81%	8.297
Zafra 2016-2017	-0,0031	0,0071	-0,4352	0,663	-0,31%	8.510
Zafra 2017-2018	-0,0408	0,0077	-5,2756	0,000**	-4,00%	8.195
INIA Olimar	-0,0225	0,0095	-2,3728	0,018*	-2,22%	8.346
INIA Tacuarí	-0,0016	0,0085	-0,1872	0,852	-0,16%	8.523
Inov CL	0,0783	0,0091	8,5787	0,000**	8,14%	9.231
Gurí INTA CL	0,0215	0,0126	1,7153	0,086	2,18%	8.722
Otras var. comunes	0,0438	0,0099	4,4150	0,000**	4,48%	8.918
Otras var. CL	-0,0032	0,0113	-0,2830	0,777	-0,32%	8.509
Zona centro	-0,0381	0,0081	-4,6877	0,000**	-3,73%	8.217
Zona norte	-0,0019	0,0094	-0,2046	0,838	-0,19%	8.520

Nota: El número de asteriscos refiere al nivel de significancia estadística: (**) 1% y (*) 5%

(1) La variable intercepto corresponde al valor de base (El Paso 144, zona este, zafra 2014-2015) frente al cual se comparan el resto de las variables.

Los valores de la penúltima columna expresan la variación porcentual de un cambio en los factores de base, por ejemplo la variedad, en el rendimiento. Así por ejemplo, sustituyendo la variedad El Paso 144 por Inov CL, todo lo demás constante (*ceteris paribus*), explicó un aumento en rendimiento de 8,14%. Por el contrario, manteniendo la variedad de base, al igual que todo lo demás, pero utilizando la zafra 2017-2018, se advierte una importante caída (-4%). La última columna representa la mediana de los rendimientos. El valor obtenido para la línea de base fue de 8.536 kg/ha. Si en vez de la zona este se considera un cultivo en la zona centro, todo lo demás constante, la mediana de los rendimientos se ubica en 8.217 kg/ha.

CONCLUSIONES

Los resultados presentados en este artículo constituyen un primer análisis en la determinación de los factores que afectan los rendimientos comerciales de arroz, utilizando

datos históricos de la CSA referidos a cuatro zafras (2014-2015 a 2017-2018). Se trata de un primer paso para establecer metas de rendimientos potenciales del cultivo de arroz. La reducción de las brechas entre los rendimientos actuales y los potencialmente alcanzables a nivel comercial es un objetivo clave de este proyecto. La evidencia obtenida sugiere que, aún cuando los insumos se apliquen en forma satisfactoria al cultivo para que el mismo pueda expresar al máximo su potencial, existen algunos factores como la variedad sembrada y la zona geográfica que afectan los rendimientos. El efecto año, que engloba las condiciones "agro-eco-climatológicas" prevalentes durante el desarrollo del cultivo, también es un factor relevante. Aunque los datos disponibles no incluían un factor importante como la época de siembra, la evidencia surgida a través de los trabajos de experimentación, ameritan la búsqueda de una forma de considerarla en forma explícita dentro de este modelo.

INIA Dirección Nacional

Andes 1365, P. 12

Montevideo

Tel. 598 2902 0550

Fax 598 2902 3633

iniadn@dn.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